**T.C.**
**MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# MAKİNE TEKNOLOJİSİ

# HASSAS DÖKÜM ANA MODELLEME 1
**521MMI022**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ..... iii
GİRİŞ ..... 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 ..... 3
1. HASSAS DÖKÜM İÇİN ANA MODELİ YAPMA ..... 3
1.1. Paket CAD Programları Kullanım ..... 3
1.1.1. Tasarım Oluşturma Teknikleri ..... 3
1.1.2. CAD Programları Kullanımı ..... 6
1.2. PROTOTİP TEZGÂHLARI ..... 11
1.2.1. Hassas Döküm İçin Prototip Tezgâhlarının Kullanım Gerekliliği ..... 11
1.2.2. Hızlı Prototip Teknolojilerinin Uygulamaları ..... 11
1.2.3. Z Corp Tezgâhı ..... 11
1.2.4. FDM Teknolojisiyle Çalışan 3d Dimension Tezgâhı ..... 13
1.2.5. Laser Cusing Yöntemi ile Prototip ve Modelleme Üretimi ..... 13
1.3. GENEL MODELLEME ..... 17
1.3.1. Tasarımı ve Modellemeyi CAD Programında Oluşturmak ..... 17
1.3.2. Tasarımı ve Modellemeyi STL Dosya Formatında Kaydetmek ..... 17
1.3.3. Prototip Tezgâhı Yazılımında Modellemeyi Açmak ..... 19
1.3.4. Modellemenin Tezgâh Yazılımında Konumlandırılması ..... 19
1.3.5. İmport ile ZPrint Yazılımına Modelleme Eklemek ..... 20
1.3.6. Katman Kalınlığını Belirlemek 3d Set Up ..... 21
1.3.7. Malzeme Deposuna İnşa Malzemesi Doldurmak ..... 22
1.3.8. İnşa Malzemesini Sıkıştırmak ..... 22
1.3.9. Malzemeyi İnşa Tablasına Sermek (Fill –Bed) ..... 23
1.3.10. Modelleme İnşa Öncesi Doğrulama Raporu Doldurumu (Confirmation) ..... 24
1.3.11. Malzeme İnşasına Başlamak (Entire Buıld) ..... 24
1.3.12. Modelleme Zamanı (Print Time Estimator) ..... 26
1.3.13. Modellemeleri Çıkarma ..... 26
1.3.14. Modellemelerin Temizlenmesi ..... 27
1.4. Kürleştirme ..... 29
1.5. Yığma Malzemeleri ..... 29
1.5.1. Yığma Malzemelerinin Doldurulması ..... 29
1.6. Destek Malzemeleri ..... 30
UYGULAMA FAALİYETİ ..... 31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ..... 35
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 ..... 36
2. MODELİ SİLİKON YA DA KAUÇUK KALIBA ALMAK ..... 36
2.1. Kalıp İşlem Hazırlıkları ..... 36
2.2. Modelleme Kasaları ..... 36
2.3. Plakalar ..... 39
2.4. Yolluk ..... 39
2.5. Kalıp Silikonları ..... 41
2.5.1. Malzeme Teknolojisi ..... 41
2.5.2. Kalıp Malzemesi (RTV silikon) ..... 41
2.5.3. Prototip Malzemesi (Epoksi, Poliüretan) ..... 42
2.5.4. Mücevher İmalatında Silikon Kalıp Kullanımı ..... 42

2.6. Silikon Kompenantları ..... 43
2.7. Hacim Hesapları ..... 45
2.7.1. Döküm İçin Gerekli Metal Miktarının Tespit Yöntemleri ..... 47
2.8. Oran-Orantı Hesapları ..... 47
UYGULAMA FAALİYETİ ..... 49
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ..... 54
MODÜL DEĞERLENDİRME ..... 55
CEVAP ANAHTARLARI ..... 56
KAYNAKÇA ..... 57

# AÇIKLAMALAR

| | |
|---|---|
| **KOD** | **521MMI022** |
| **ALAN** | **Makine Teknolojisi** |
| **DAL/MESLEK** | **Bilgisayar Destekli Endüstriyel Modelleme** |
| **MODÜLÜN ADI** | **Hassas Döküm Modellemeleri 1** |
| **MODÜLÜN TANIMI** | CAD programları kullanılarak yapılan üç boyutlu tasarımların toz bağlama ve foto kür yöntemleriyle çalışan hızlı prototip tezgâhlarında polimer malzemelerle üç boyutlu prototiplerinin yapılması ve bu prototiplerden faydalanılarak hassas döküme uygun modellemelerin üretilebilmesi için silikon ve kauçuk kalıpların hazırlanması ile ilgili bilgilerin verildiği öğrenme materyalidir. |
| **SÜRE** | 40/32<br>Ana modeli yapmak 17 saattir.<br>Modeli silikon ya da kauçuk kalıba almak 15 saattir. |
| **ÖN KOŞUL** | Alan ortak modüllerini başarmış olmak |
| **YETERLİK** | Hassas döküm için ana modeli yapmak ve ana modeli silikon ya da kauçuk kalıba almak |
| **MODÜLÜN AMACI** | **Genel Amaç**<br>Ana modeli yapabilecek; ana modelden silikon ve kauçuk kalıp elde edebileceksiniz.<br>**Amaçlar**<br>**1.** Hassas döküm modelleme kalıpları için ana modellemeleri yapabileceksiniz.<br>**2.** Ana modellemeleri silikon ya da kauçuk kalıplara alabileceksiniz. |
| **EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI** | **Ortam:** CAD-CAM laboratuvarı, hassas modelleme laboratuvarı (prototip tezgâhı)<br>**Donanım:** Temizleme ve sertleştirme ünitesi, presleme cihazı, m enjeksiyon cihazı, silikon vakum ünitesi |
| **ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME** | Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.<br>Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir. |

# GİRİŞ

**Sevgili Öğrenci,**

Çağımızda ihtiyaçların çeşitlenmesi ve artması ile bu ihtiyaçların karşılanması için üretilen ürünlerin çeşitliliği ve kalitesi de artmakta, buna bağlı olarak bu ürünlerin üretim teknolojileri de her geçen gün daha da gelişmektedir. Endüstriyel üretim teknolojilerinin gelişmesi ile ürünlerin daha kısa sürede, daha ekonomik, ergonomik, kaliteli üretilmesi mümkün olmaktadır.

Hassas döküm teknolojileri, makine teknolojileri içerisinde her geçen gün daha önemli hâle gelmektedir. Tıp, uçak sanayisi, otomotiv endüstrisi ve makine sanayisinin duyduğu hassas ve kaliteli ürünler, bu teknolojinin kullanılması ile karşılanabilir hâle gelmiştir ve bu teknoloji her geçen gün hızla gelişmeye devam etmektedir.

Sizler de bu konuda bilgi ve becerilerinizi geliştirerek tasarım ve üretim teknolojilerine katkılarınızı artırabilirsiniz.

Bu modül, endüstri alanında istihdam edilecek bütün personelin teknik ve modüler eğitimi tamamlamış olması gerekmektedir.

# ÖĞRENME FAALİYETİ–1

## AMAÇ

Ana modellemeyi yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

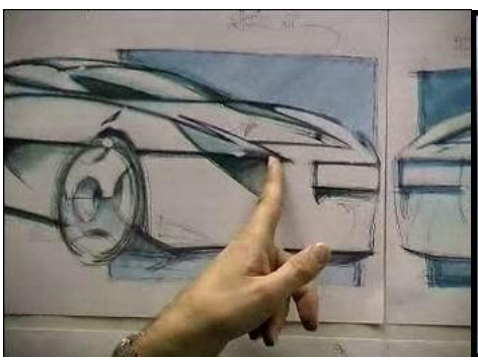
- Çevrenizdeki işletmelerden bilgi alarak hassas döküm yöntemi ile üretim yapma yöntemi, kullanılan malzeme ve yapılabilen modellemeler hakkında araştırma yapınız.
- Ayrıca çevredeki işletmelerden ve internet üzerinden gerekli araştırmaları yaparak rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta sununuz.

# 1. HASSAS DÖKÜM İÇİN ANA MODELİ YAPMA

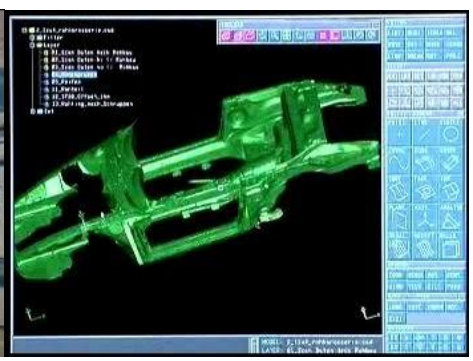
## 1.1. Paket CAD Programları Kullanım

### 1.1.1. Tasarım Oluşturma Teknikleri

Endüstriyel ürünlerin üretiminin ilk aşamasını tasarım oluşturur. Günümüzde tasarım ve modelleme oluşturma teknolojileri çeşitlenmekte ve farklı üretim yöntemleri için farklı tasarım teknolojileri benimsenmektedir.



**Resim 1.1: Otomobil tasarım eskizi**



**Resim 1.2: Modellenmiş şasi**

### 1.1.1.2. CAD Programında Tasarım ile Modelleme Elde Etmek

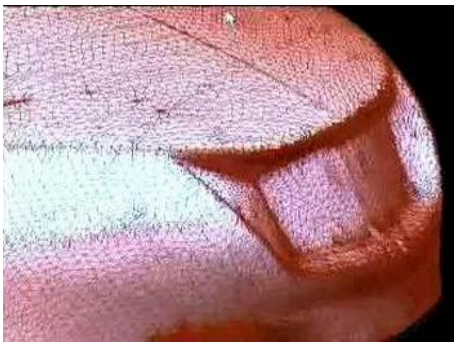
Bu yöntemle önce tasarım oluşturulur. Bu veriler STL formatında kaydedilerek prototip tezgâhlarında modelleme oluşturulur.

### 1.1.1.3. Üretilmiş Parçadan CAD Dataları Elde Etmek

Üretilmiş parçadan cad dataları elde etmek; üretilmiş parçayı geliştirmek veya yenilemek olarak tanımlanabilir. Buna "tersine mühendislik (Reverse Engineering)" adı verilir.

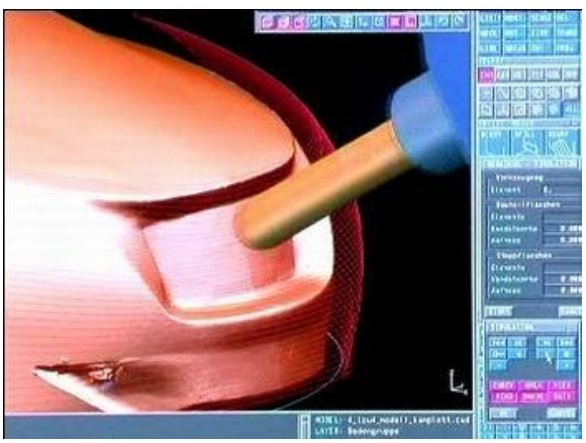
CAD programları içinde "reverse engineering" modülü de bulunmakta, 3D scan modülleri kullanılarak nesnelerin lazer ışığıyla taranması mümkün olmakta ve nesnelerden CAD dataları elde edilmektedir. Bu veriler kullanılarak STL formatında prototip imalatı da yapılabilmektedir.

**Resim 1.3: Optik tarama**



**Resim 1.4: Tarama sonucu elde edilen veriler**

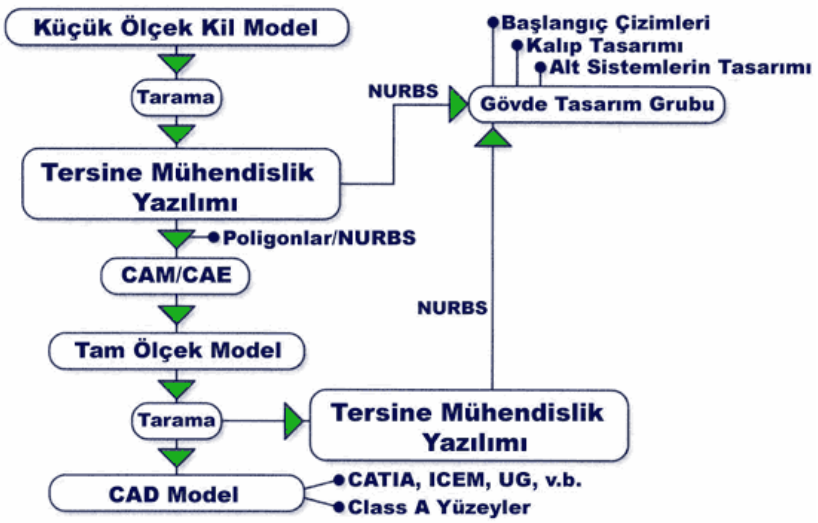
Geleneksel CAD/CAM/CAE yöntemlerini kullanarak tam ölçekli bir otomobili tamamlamak için üç ay gibi bir süre gerekir. Bu süreyi indirgemeye çalışan otomobil firmaları için bu kabul edilebilir bir süre değildir. Hızlandırılmış bir süreç yeni bir çalışma akışı ile sağlanabilir. Bu süreç, tasarımcının otomobil gövdesini dörtte bir ölçeğinde kilden çalışması ile başlar. Küçük ölçekli bu model bir 3D optik tarama cihazı ile ölçülür.



**Resim 1.5: Elde edilen dataların takım yolu olarak kullanılması**

Bu tarama cihazı ile birçok parçadan oluşan yoğun 3D nokta bulutu dataları elde edilir. Bu nokta bulutu verileri hizaya getirilip birleştirilir ve yoğunluğu da uygun seviyeye getirilerek tek bir nokta bulutu elde edilir. RE (Reverse Engineering) yazılımları yardımıyla kafes (mesh) yapısında poligon model veya NURBS (Nokta Bulutu) yüzeyler elde edilebilir. Poligon modeller mühendislik hesaplamaları için analiz (FEA, CFD) yazılımlarına ve hızlı prototip imalatı için oto inşa cihazlarına (STL formatında) veri aktarmak için kullanılır. RE yazılımları yardımıyla elde edilen NURBS yüzeyler de CAD/CAM yazılımlarına (IGES formatında) veri aktarmak için kullanılmaktadır.

Elde edilen bu dijital model, güncellemeler için yüzey tasarım grubuna ve ilk imal kısıtlamalarını hesaplamaları için üretim grubuna gönderilir. Üretime gidecek dijital model, tam boyutuna büyütülür; kil veya başka bir malzemeden işlenir. Yine optik tarama cihazı ile işlenen tam boyuttaki model taranır. Buradan elde edilen yoğun nokta bulutu üretilen fiziksel model ile işlenen dijital model arasındaki toleransı doğrulamak için kullanılır. Eğer bu değer tolere edilebilir ise tasarımcılar RE yazılımını tam boyuttaki CAD yüzeyini çıkarmak için geleneksel CAD yazılımını da fonksiyonel tasarımını yapmak için kullanırlar. Eğer değer tolere edilebilir değilse kil model modifiye edilir ve tarama, modelleme, kıyaslama aşamaları tekrar edilir. Bu aşamalar, tolere edilebilir ve tasarımda istenen değerler elde edilinceye kadar sürdürülür.




**Resim 1.6: Otomotiv firmaları tarafından kullanılan tersine mühendislik iş akışı**

### 1.1.1.4. Tersine Mühendislik (Revers Engineering)Yöntemi ile Tasarım Cihazları

- Temas ederek (problu) ölçüm ve sayısallaştırma/tarama yapan cihazlar
- Temas etmeden ölçüm ve sayısallaştırma/tarama yapan cihazlar
  - Lazerli
  - Kameralı (topometrik görüş) sistemleri

Problu ölçüm cihazlarında ölçüm kolunun üzerinde elmas sertliğinde bir küre mevcuttur. Bu küre, parçanın yüzeyinde koordinatları belirlenmesi istenen noktaya değdiği anda kolun üzerindeki koordinat belirleyici sistemi ile parçanın o noktadaki konumu, iş

parçasının geometrik ve boyutsal verileri üç boyutlu uzayda (x, y, z) elde edilir ve cihazın üzerinde bulunan bilgisayara aktarılır. Problu sistemin dezavantajı, ölçüm alınabilmesi için probun yüzeye değme zorunluluğunun olmasıdır. Bu zorunluluk, parçanın karmaşık şekilli olması durumunda istenen değerlerin alınamaması sonucunu doğurabilir.

#### 1.1.1.5. Tersine Mühendislik İçin Kullanılan Yazılımlar

Tersine mühendislik, aslında ülkemizde yıllardır uygulanan bir yöntemdir. Uygulamalarda uygun tersine mühendislik yazılımlarının kullanılması da zorunlu hâle gelmeye başlamıştır. Piyasada bazı güçlü-ticari tersine mühendislik yazılımları bulmak mümkündür. CappsNT, Geomagic Studio, RapidForm, CopyCAD, Imageware ve CATIA bunlardan bazıları olup tersine mühendislik ve kitlesel özel üretim konusunda dünyanın en çok tavsiye edilen yazılım paketleri arasındadır. Bu yazılımlar ile fiziksel bir nesnenin üç boyutlu tarama verisi işlenerek üretim için gerekli yüksek hassasiyet ve kalitede BDT modeli elde edilebilir. Yazılımlar, ayrıca daha ileri düzeyde çözümler elde etmek için sayısallaştırma sistemleri ile birlikte kullanılabilir.

### 1.1.2. CAD Programları Kullanımı

#### 1.1.2.1. CAD Programları

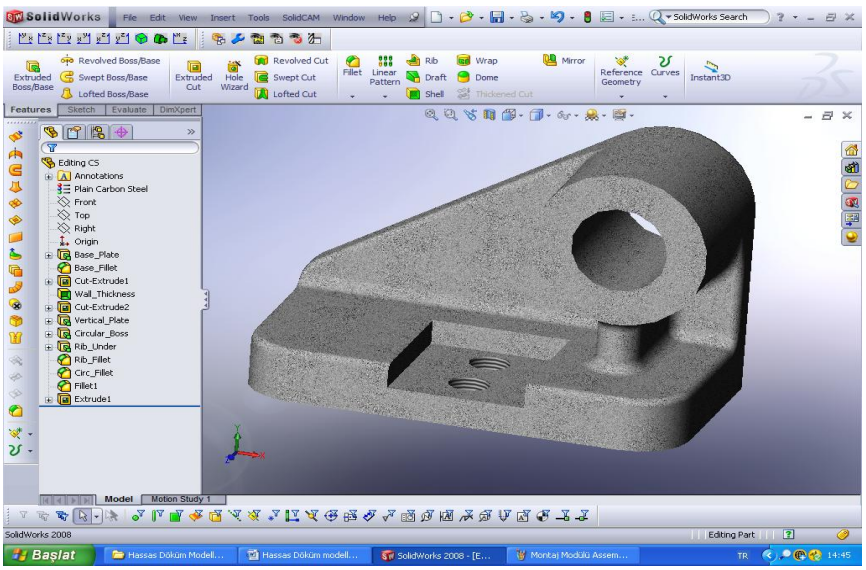
Bilgisayar destekli tasarım, **CAD** (Computer Aided Design) gibi programları kullanılarak yapılır. Bu programlarda (Autocad, Autodesk, SolidWorks, Catia, Proengineer, Unigraphics, Solid Edge vb.) parçaların katı modellemesi yapılır. Programlar, Windows ara yüzünde çalışmakta ve her programın değişik işlevlere sahip modülleri bulunmaktadır.

#### 1.1.2.2. CAD Program Modülleri

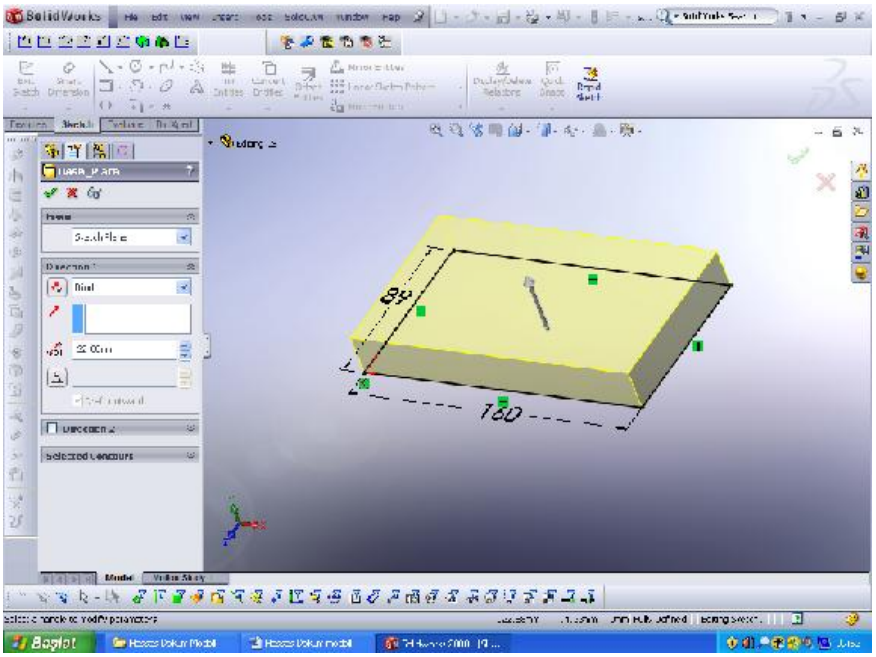
- Parça tasarımı (Part design)
- Parça teknik resmi (Drawing, Drafting)
- Montaj resmi (Assembly Design)
- Saç parça tasarımı Sheet Metal Design)
- Yüzey modelleme (Surface Design)
- Hareket simülasyon modülü (Mechanism Simulation, Cosmos Motion)
- Şekil tasarımı (Shape Design)
- Dayanım tasarımı (Mechanical Engineering, Osmos Works)
- Tarama modülü (3D Scan)
- Kalıp modülü (Mold Design,Core-Cavity Design)
- Parça işleyerek prototip ve üretim modeli elde etmek (CAM )

### 1.1.2.3. CAD Programlarının Tasarım ve Modellemede Kullanımı

- Parça modelleme (Part design)




**Resim 1.7: "Setch" çizimi ve "feature" ile şekillendirme**




**Resim 1.8: "Feature" uygulaması**

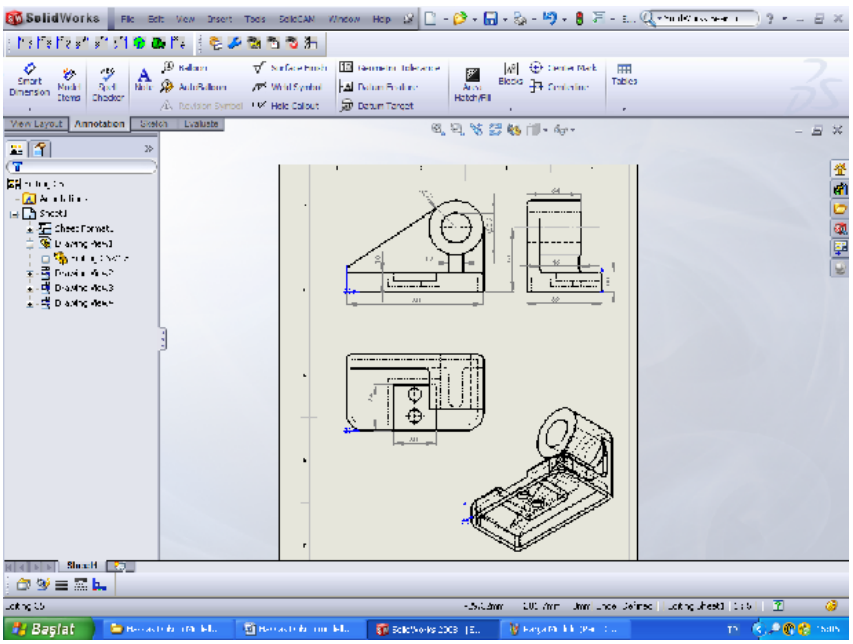
Parçanın "part" dosyasında düzlem seçilir ve çizim (sketch) açılarak parçanın geometri çizimi yapılır. "Feature" menüsünden ilgili komutlar ile (Loft, Sweep, Revolve, Extrude Boss/Base Linear Pattern, Circular Pattern, Cut, Cut Loft, Cut Revolve, Draft vb.) parça şekillendirilir.

Ayrıca “Draft” ile açılandırma “Fillet” ile kavislendirme ve “Chamfer” ile pah kırma işlemleri yapılır. Parça şekillendirme işlemlerinden sonra “Configuration Manager” ile parçanın benzer farklı ölçüdeki konfigurasyonları oluşturulur. Bu tasarım ve modellemenin farklı ölçüdeki konfigurasyonlarını görmemizi, tasarımımızı ve modellememizi değiştirme işlemlerimizi kolaylaştırır. Prototip seçimimizde de bize seçenekler sunar.

- Teknik resim oluşturma (Drawing)

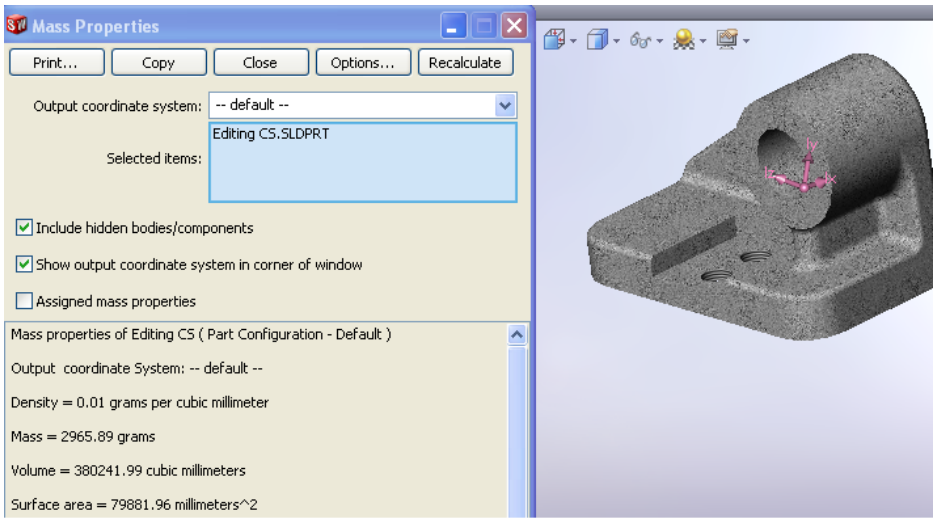
Teknik resim modülü açılarak (İnsert-Drawing View-Standart 3 View) parçanın üç görünüşü (Drawing 3 View) çizim olarak (2d Drawing) çizilir. Ölçülendirmeleri ve yüzey işleme sembolleri, toleransları konulur. Resim levhasına ek levhalar da eklenebilir. Aynı modülle montaj teknik resmi de alınabilir. Parça ve teknik resimde yapılan değişiklikler aynen diğerine de aktarılır. Böylece resimde yapılan değişiklik parçaya, parçada yapılan değişiklik de resme aktarılmış olur. Tasarımın ve modellemenin bütünlüğü bozulmaz.

Kâğıt formatı (Drawing dot) A0’dan-A4’e kadar “data –template” klasöründe mevcuttur fakat farklı kâğıt formatı ile çalışılmak istenirse “drawing” sayfasında çizilerek “file –save as-drawing dot” olarak kaydedilebilir. Böylece levha formatları arasında kendi antetli levha formatınızı da bulabilir ve seçebilirsiniz. Bu her levhada ayrı ayrı antet çizmeyi ve zaman kaybını ortadan kaldırır.




**Resim 1.9: Drawing (Çizim )**

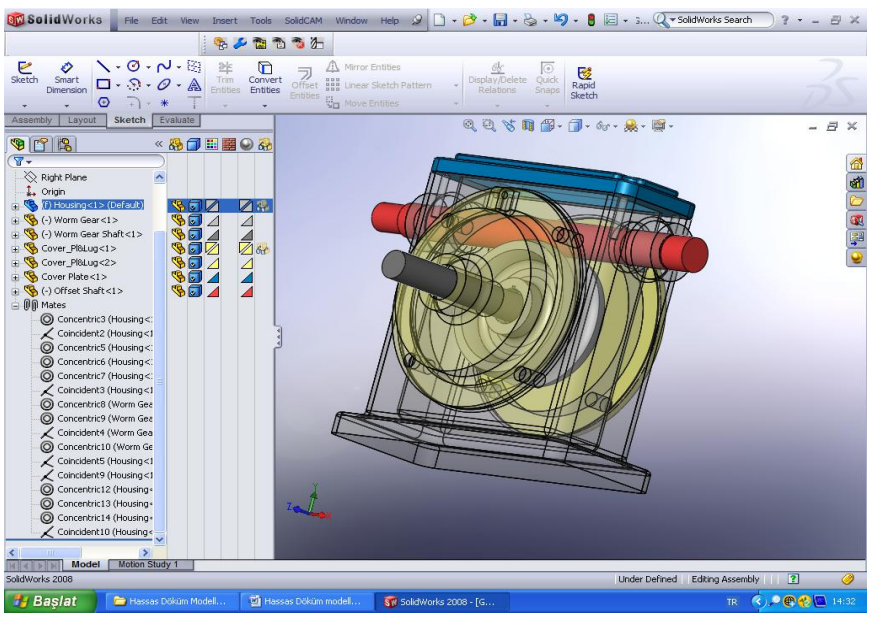
Bu modül içerisinde ayrıca tasarımımızın hacmini, kütlesini, hesaplayacağımız menüler mevcuttur. Tasarımımıza ve modellememize kalıpta ne kadar malzeme gideceğini de bu menüler vasıtasıyla kolayca hesaplayabiliriz. Ayrıca parçanın mum model malzemesinden başka üretim malzeme miktarını da hesaplayabiliriz.




**Resim 1.10: Hacim menüsü**

- Assembly modülü ile montaj tasarımı

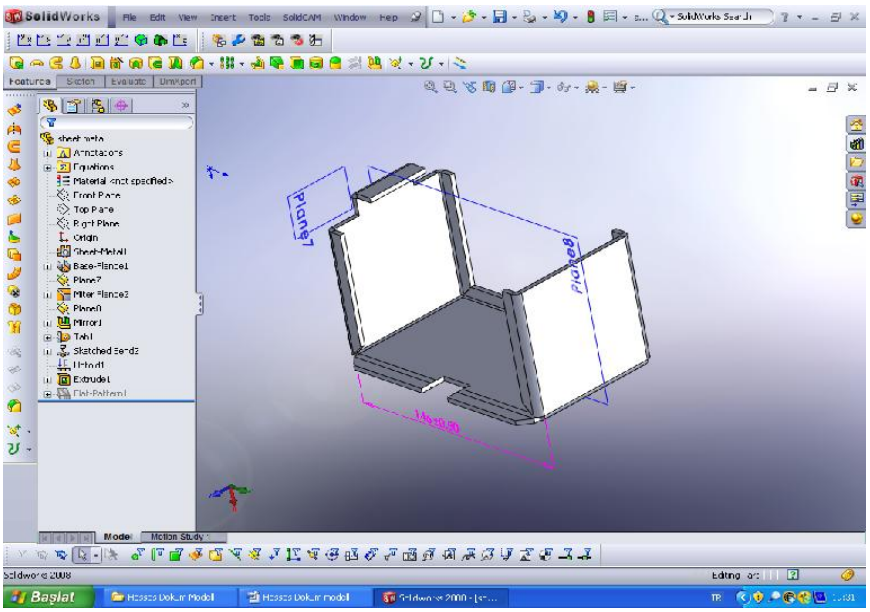
Prototipini yapacağımız modellememizin montaj resmini bu modülde oluşturabiliriz.




**Resim 1.11: Assembly modülü**

- Sac tasarımı (Sheet Metal Design)

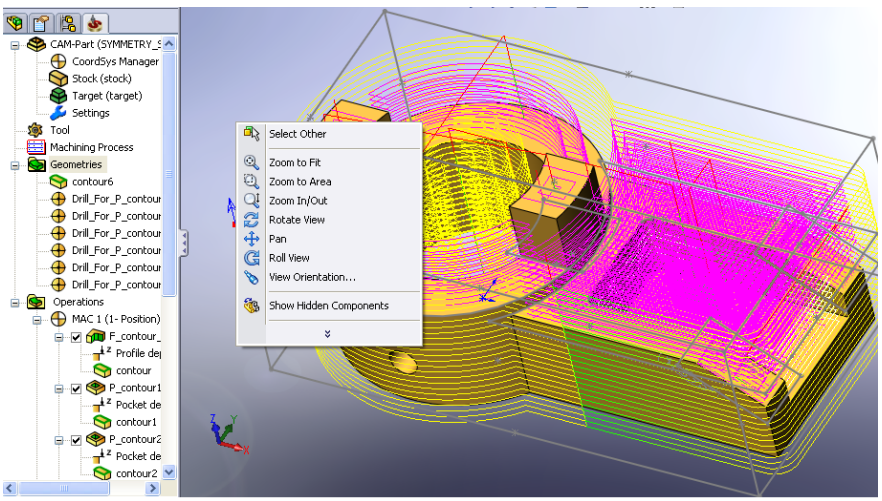
Sac tasarımı modülü ile de modelleme oluşturabiliriz. Bu bazı kasaların bilgisayar monitör gibi modellemelerinde bize yardımcı olur.




**Resim 1.12: Saç modelleme menüsü**

- Cam modülü (Computer Aided Manufacturing) ile parça modelleme ve prototip işleme

CAD programımızın bu modülünde ise prototipimizin takım yolunu oluşturabilir modelimizi CNC tezgâhta işleyerek oluşturabiliriz.




**Resim 1.13: Cam modülü**

- Dosya uzantıları

Her programın dosya türü farklıdır. Autocad.dwg, SolidWorks.prt, Catia.cgr dosya türünü kullanır. Tasarım bu programlarda yapıldıktan sonra STL (Stereolithography) veya WRML uzantılı dosya türüne dönüştürülür. Stereolithography, iki boyutlu baskılar için kullanılan litografi tekniğinin üç boyuta aktarılmış şeklidir

## 1.2. PROTOTİP TEZGÂHLARI

### 1.2.1. Hassas Döküm İçin Prototip Tezgâhlarının Kullanım Gerekliliği

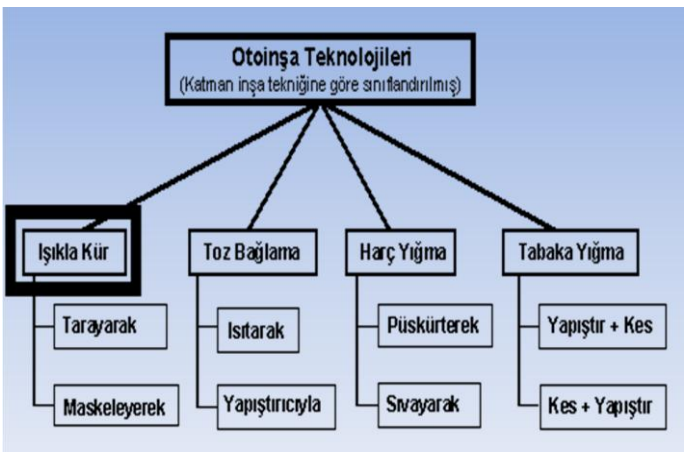
Hızlı prototip tezgâhlar günümüzde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu tezgâhların kullanımları teknolojik alt yapıyı gerektirmektedir.

"Ürün geliştirme aşamasında prototip ihtiyaçları kaçınılmazdır. Farklı ürün geliştirme aşamalarının tanımlanabilmesi için geometrik, fonksiyonel, teknik prototiplere ihtiyaç vardır.

Hızlı prototip üretimi tasarımın ergonomik ve estetik görünümü hakkında net bilgiler verir. Ayrıca tasarımın boyutları 3 boyutlu ortaya çıkar. Tasarımın kullanılabilirliği, üretilebilirliği, montaj edilmede ve hareket kontrolündeki problemler 3D hızlı hızlı prototip imalatı ile görülebilmekte ve kontrol edilebilmektedir.

Bütün bu sayılan etkenler, parçanın ekonomik ve kısa zamanda üretimine imkân sağladığından rekabet ortamının ve teknolojik yarışın hüküm sürdüğü günümüzde hızlı prototip teknolojilerinin öğrenilmesi, ülkemizde geliştirilmesi ve uygulanması kaçınılmaz bir hâl almıştır.

### 1.2.2. Hızlı Prototip Teknolojilerinin Uygulamaları




**Tablo 1.1: Hızlı modelleme ve prototip oluşturma teknolojileri yöntemleri**

Hızlı modelleme ve prototip oluşturma teknolojileri tabloda görüldüğü gibi farklı yöntemler ve teknolojiler kullanır. Her yöntemin ve kullandığı teknolojinin ayrı tezgâh tipleri ve kullanım malzemeleri mevcuttur.

### 1.2.3. Z Corp Tezgâhı

Toz bağlama yöntemini ve z corp teknolojisini kullanan bu tezgâh ile kaliteli prototipler ve modellemeler oluşturulabilmektedir.

**Resim 1.14: Hızlı prototip tezgâhı**

Z Corp (ABD) MIT'den aldığı 3DP lisansı ile ürettiği cihazı ilk kez Şubat 1997'de basına duyurmuştur. Nişasta tozu üzerine su tabanlı yapıştırıcı bir sıvı 125 adet meme vasıtasıyla püskürtülür.

**Z 810 Tezgâh Teknik Bilgileri :**

Yazılım : WindowsXP/2000 Professional
İnşa ölçüsü : 500x600x400mm
Katman kalınlığı : 0.089mm-0,203mm
Çözünürlük : 300x300 dpi
Sistem yazılımı : Z corporations ,
Dosya formatı : (STl, VRML ve PLY) dosya formatı
Yazıcı başlığı : 6
Jet sayısı : 1824
Tezgâh ölçüleri : 102x117x277 cm
Tezgâh ihtiyacı : 6 bar hava basıncı

Resim: Tezgâhta oluşturduğumuz ana modeller

**Resim 1.15: Üretilmiş modeller**

### 1.2.4. FDM Teknolojisiyle Çalışan 3d Dimension Tezgâhı

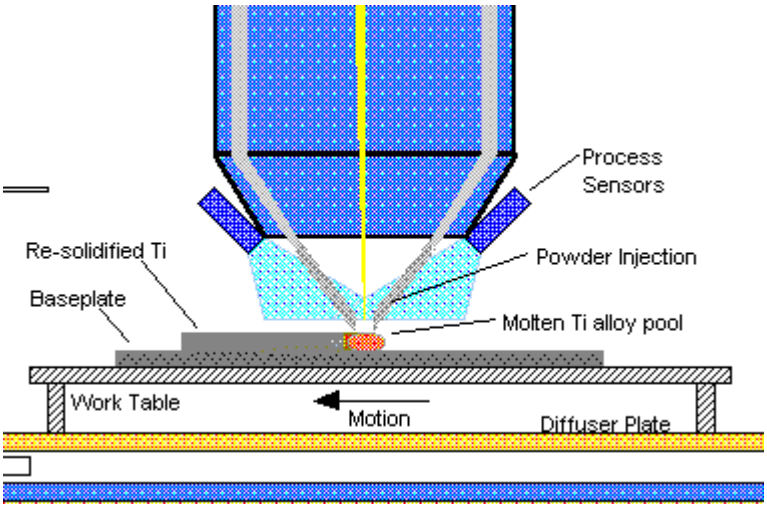
**Dimension teknik özellikler:**
Malzeme kartuşları: 922 cm3 abs plastik, 922 cm 3 destek malzemesi içerir.
Katman kalınlığı: ABS plastiğin destek malzemenin minimum 0,0245 mm
Max 0,33 olarak yapılabilir.
Yazılım: CatalystEX yazılımı
Dosya Formatı: STL
İşletim sistemi: Windows XP/NT/2000
Parça Ölçüleri: Dimension768-203x203x305
Dimension1200-254x254x305
Malzemeler: ABS plastik, beyaz, mavi, sarı, siyah, kırmızı
Destek malzemeleri: SST sistemde suda eriyen destek malzemeleri kullanılır.

**Resim 1.16: 3d dimension prototip tezgâhı**

**Resim 1.17: 3d dimension tezgâhında üretilen modellemeler**

### 1.2.5. Laser Cusing Yöntemi ile Prototip ve Modelleme Üretimi

"Laser Cusing" yöntemi ile modelleme üretiminde tezgâh 14 KW gücündeki CO2 lazer kullanarak titanyum tozlarını "inert" gaz altı ortamda eritip katmanlar hâlinde parçayı inşa eder.




**Resim 1.18: "Laser Cusing" prototip tezgâh şeması**

Yukarıdaki resimde ortada gözüken sarı dik çizgi lazer huzmesini, yanlardaki gri renkli kısımlar titanyum tozlarının akış yolunu, kırmızı kısım ise ergimenin gerçekleştiği bölgeyi temsil etmektedir.

Parça, inşa bitiminde yeterince hassas ölçülere sahip olmadığı için talaşlı imalata gerek duyulmaktadır.

Bu teknoloji, uzay ve havacılık sanayiindeki parça imalatı veya onarımına yönelik geliştirildiği için hafif ve sağlam olması sebebiyle bu sektörde önemli bir yere sahip olan titanyum metali inşa malzemesi olarak kullanılmaktadır. Lasform cihazı ticari olarak satılmamaktadır fakat firmalar bu cihazı kullanarak dışarı servis vermektedir.

Bu teknoloji ile standart çelik malzemesi tam olarak eritilerek parça üretilebilir. Bu yönteme "Concept" ve "Fusing (=Tam olarak eritme)" kelimelerinin birleşmesinden gelen "Laser CUSING®" adı verilir. Yüksek yoğunlukta ve orjinal malzeme özelliklerine sahip parçalar üretebilir. Ayrıca bu sistem ile 1.4404 çeliğinden her türlü karmaşık formdaki parçanın kolaylıkla hızlı bir şekilde üretilmesi mümkün olmaktadır.

Soğutma kanalları plastik enjeksiyon kalıpçılığında olduğu gibi alüminyum gibi hafif metallerin dökümünde de kullanılmaktadır. Ayrıca "Laser CUSING®" yöntemiyle CrCo diş protezi, titanyum ve alüminyum gibi malzemelerin üretimi de mümkündür.

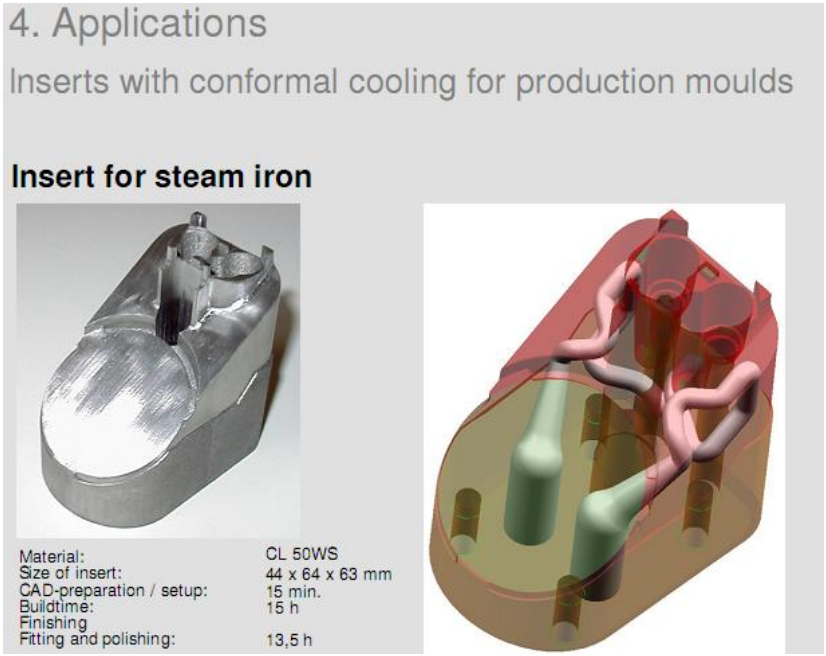
“Laser CUSING” teknolojisi kısaca SLS yönteminde de olduğu gibi metal tozunun kat kat yüzeye serilip her katın lazer ile tam olarak eritilmesidir. CNC frezeye göre insan gücü olmadan çalıştığından daha hızlı üretim yapabilir. Ayrıca diğer yöntemlerle mümkün olmayan parça içindeki karmaşık soğutma kanalları da ancak bu yöntemle mümkündür. Lazer oyma da ileride elektroerozyona göre avantaj sağlayacak bir yöntemdir ve araştırmaları sürmektedir.

**Resim 1.19: “Laser Cusing” tezgâhı**

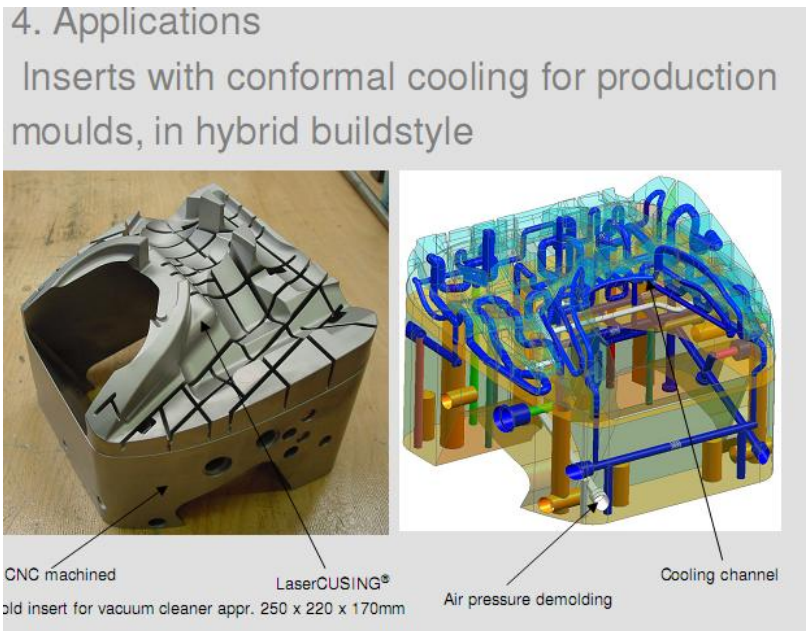
Şu an M3 makinesinin alanı 250x250 mm parça hassasiyetleri büyük parçalarda en fazla +/-100µm küçük parçalarda +/-50 µm olur.

**Tezgâh özellikleri**:
İnşa ölçüleri: 250x250x250 ve 300x350x280
Katman kalınlığı: 25-100 micron
Gaz altı ortamı: Nitrojen
Concept Laser M3: Metal tozlarının ergitilerek katılaştırma esasına dayanan bu yöntemde işlem sırası şu şekilde gerçekleşir.

- Katı modellemeden elde edilen CAD dataları STL dosyasına dönüştürülür.
- Metal tozları toz haznesinden vakumlanarak tabla üzerine yayılır.
- Metal tozları tabla ile mastarlanarak eşit toz metal katman kalınlığı elde edilir.
- Lazer başlığından gönderilen lazer ışını ile toz metal katmanı istenilen profilde ergitilerek katılaştırılır.
- Tabla üzerine yeniden toz vakumlanır ve yayılır.
- Toz metal katmanı lazer ile ergitilerek katılaştırılır.
- İnşa işlemi parça tamamlanana kadar devam ettirilir ve modelleme tamamlanır.
- Modelleme tezgâh tablasından alınır ve kullanılır.
- (Kalıp çekirdeklerinin soğutma kanalları dâhil inşasında
- Yüzey soğutma gerektiren kalıpların yüzey soğutma kanalları dâhil inşasında)




**Resim 1.20: Uygulama parçaları**




**Resim 1.21: "Laser Cusıng" uygulama parçaları**

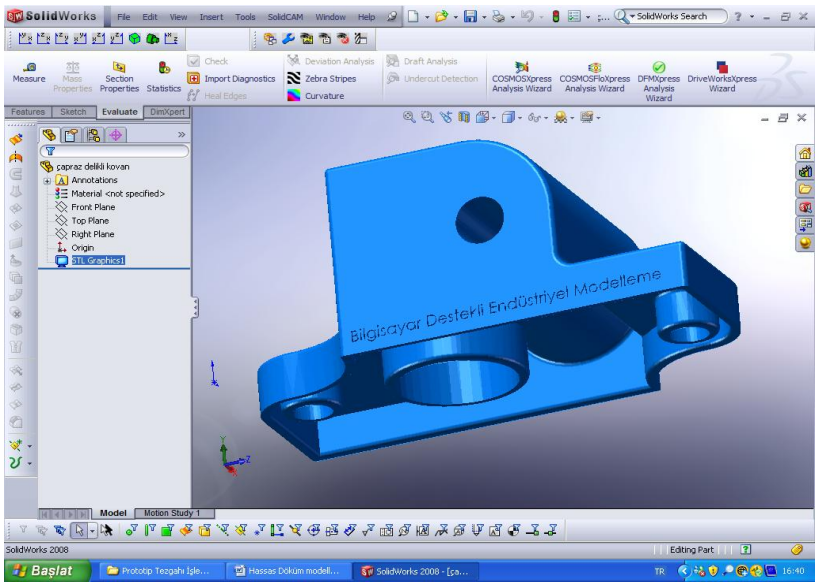
## 1.3. GENEL MODELLEME

### 1.3.1. Tasarımı ve Modellemeyi CAD Programında Oluşturmak

Parça modelleme için parametrik çalışan katı modelleme programlarından biri seçilerek modelleme bu programlarda oluşturulur.

CAD programlarının genel çalışma prensiplerinden bahsetmiştik. CAD programları ve prototip tezgâhları dosya alışverişinde bulunabilir. Böylelikle tasarımlar, modellemeler montaj prototipleri bu tezgâhlarda kolaylıkla üretilebilir. Bu aynı zamanda montajı veya modellemeyi şekil, boyutlar, ergonomi, üretilebilirlik, çalışma şartları hatta dayanım yönünden inceleme sağlar.

Bu esasla 3d z corp tezgâhımızla bu modellemeyi oluşturabildik. CAD programımızda oluşturduğumuz modelleri "File – Save as" ile farklı formatlarda kaydedebiliriz. Prototip tezgâhları STL, WRML, PLY dosya türleri ile çalışabilen tezgâhlardır.

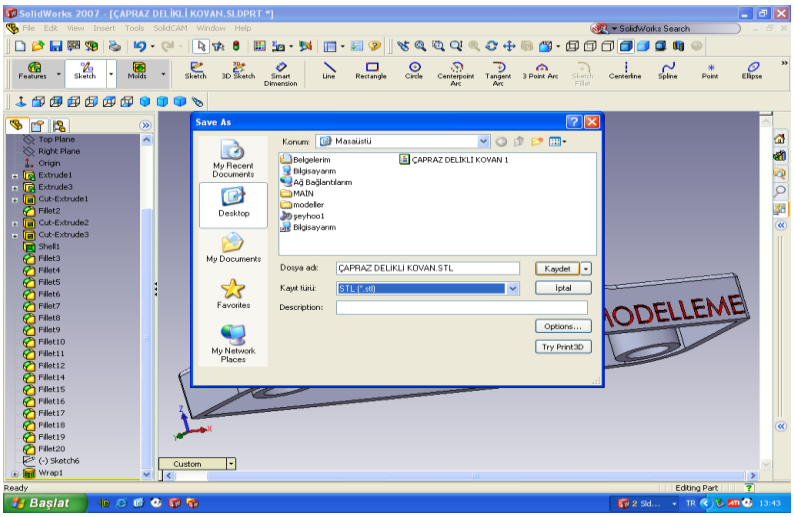



**Resim 1.22: CAD modelleme (Çapraz delikli kovan)**

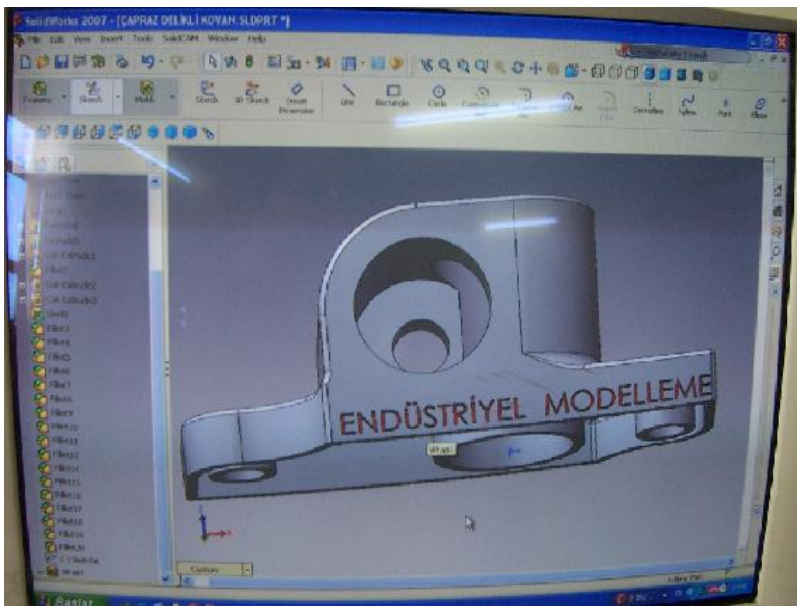
### 1.3.2. Tasarımı ve Modellemeyi STL Dosya Formatında Kaydetmek

Çapraz delikli kovan modellemesini "Farklı Kaydet" ile STL formatında kaydettik. Eğer modellememiz birden çok parçadan oluşan montaj olsaydı ve her bir parçanın farklı renkte üretilmesini isteseydik tezgâh ayarlarımızdan renkli ptototip çıktısı da elde etmemiz mümkündü.

Prototip tezgâhları ile gelen yazılımlar ile modellemelerde yüzey modelleme işlemleri yüzey düzeltme ve renklendirme gibi değişiklikler yapılabilir.



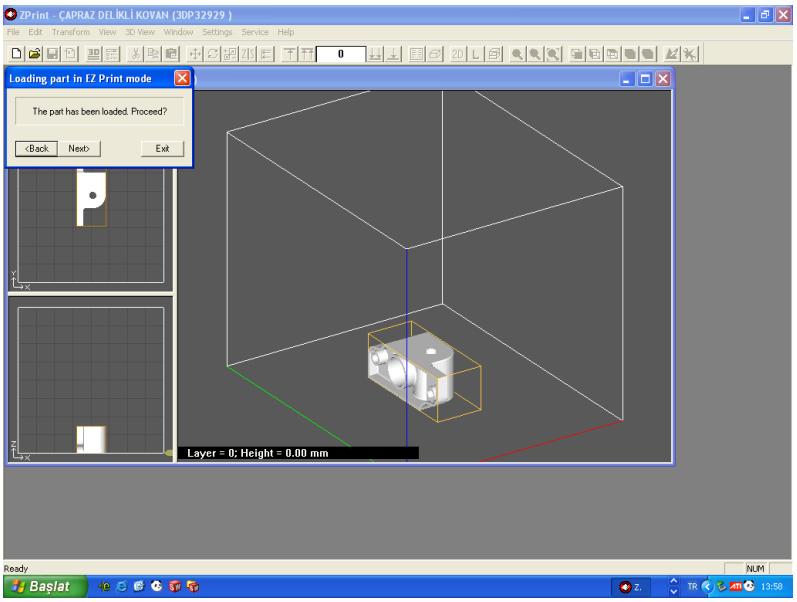

**Resim 1.23: STL kayıt**




**Resim 1.24: Yazılım içerisinde parça**

### 1.3.3. Prototip Tezgâhı Yazılımında Modellemeyi Açmak

Parça tezgâh yazılımı içinde açıldıktan sonra işleme devam edilir. Bir sonraki aşama, konumlandırmadır.

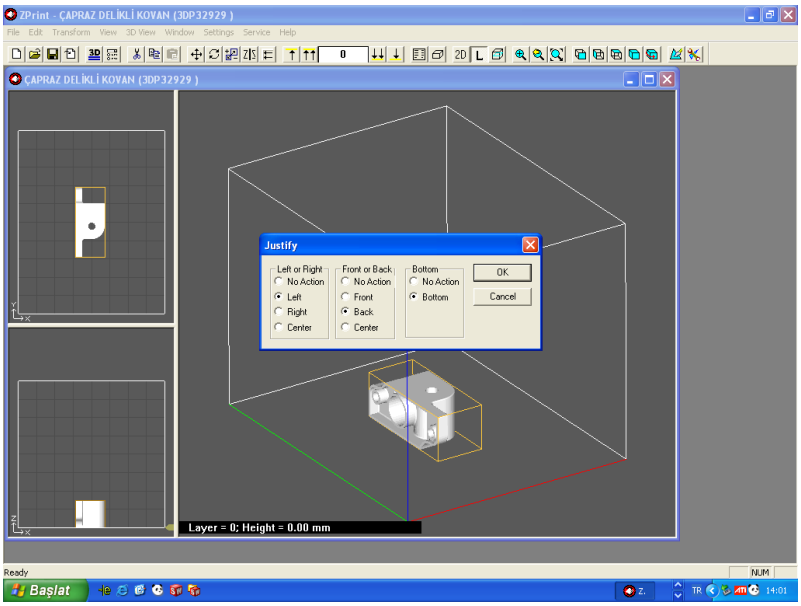



**Resim 1.25: Çapraz delikli kovan parçasının prototip tezgâhında açılması**

### 1.3.4. Modellemenin Tezgâh Yazılımında Konumlandırılması

Modelleme parçamız (çapraz delikli kovan) prototip tezgâhı yazılımı içerisine alındıktan sonra konumlandırılır.

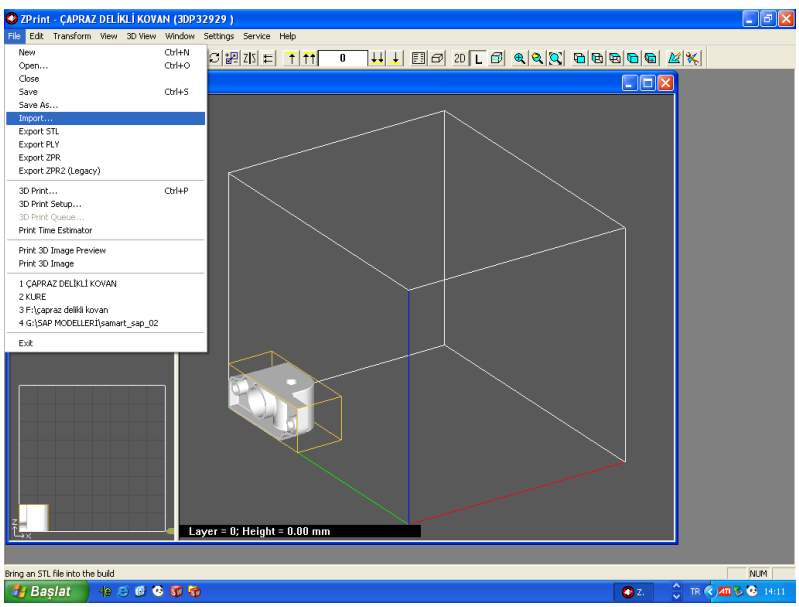
Konumlandırma (Justify) menüsünden “Left (sol), Back (arka), Bottom (alt)” seçilerek yapılır. Bunun nedeni “print” işlemi sol (Left) taraftan başlar, arka (Back) taraf seçilirse tezgâh print kafasının gereksiz yere boşta hareketleri önlenmiş olur. Yine “Bottom (alt)” seçmek, ilk katmandan itibaren model inşasına başlamak ve zaman açısından ekonomi elde etmek için tercih edilir.



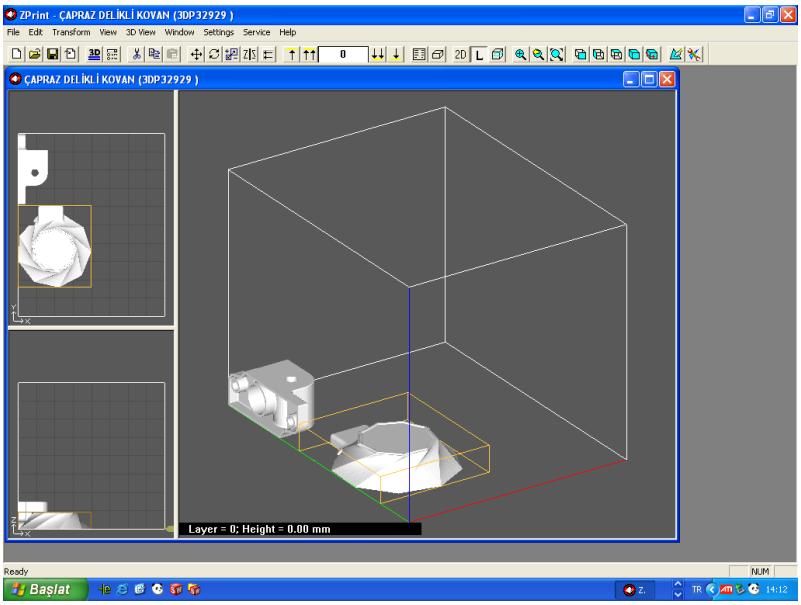

**Resim 1.26: Yazılımda hizalama**

## 1.3.5. İmport ile ZPrint Yazılımına Modelleme Eklemek

Aynı zamanda prototip tezgâhı ile birden çok modellemenin aynı anda üretilebilmesi mümkündür. Bu tezgâh, malzeme deposundaki malzeme ile üretim kapasitesi boyutlarıyla sınırlıdır. Üretim kapasitesi boyut sınırlarına sığdığı oranda ve birbiriyle temas etmeyecek şekilde konumlandırılabilirse çok sayıda parçanın prototipi aynı anda üretilebilir. Parçaların birbirleriyle temas etmemesi, aralarında 1-2 mm boşluk olması gerekir aksi hâlde parçalar birbirine bitişik olarak inşa edilir.

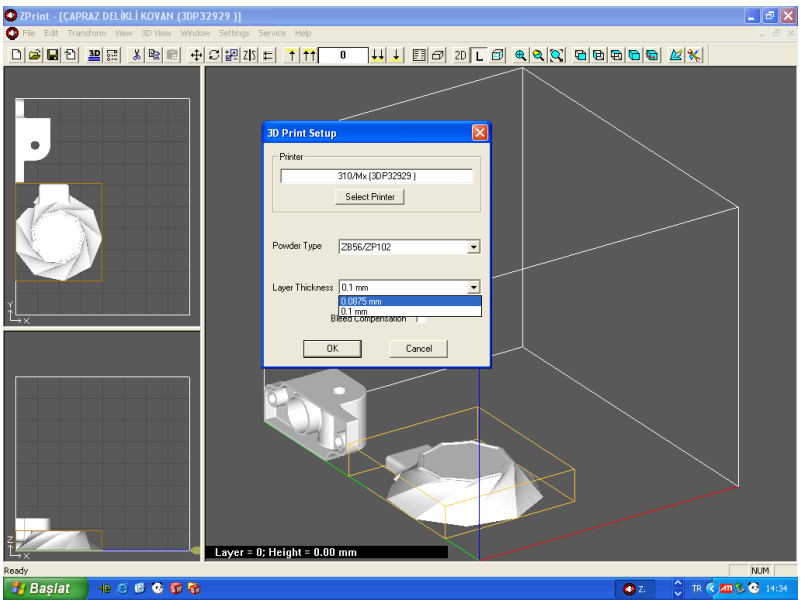



**Resim 1.27: "ZPrint" yazılımına import ile parça eklemek**




**Resim 1.28: Eklenmiş parçayı konumlandırmak**

## 1.3.6. Katman Kalınlığını Belirlemek 3d Set Up



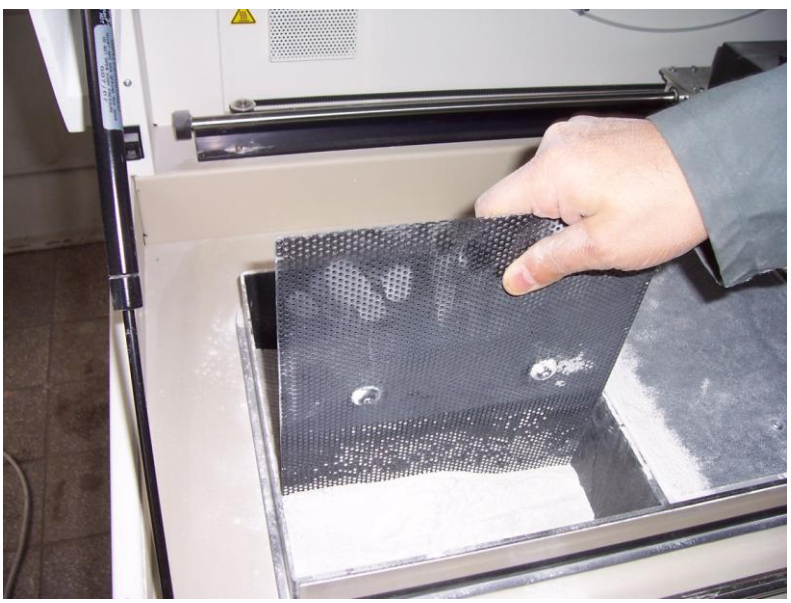

**Resim 1.29: Çapraz delikli kovan modellemesi ve çaydanlık tasarımı için prototip katman kalınlığını belirlemek**

Modellemenin ve tasarımın inşa edileceği katman kalınlığı bu menüden seçilebilir. Tezgâh 0.1 mm ve 0.0875 mm hassasiyetlerinde model inşa seçenekleri verir. Çapraz delikli kovan modellemesine ve çaydanlık tasarımına göre en uygun seçenek tercih edilir.

### 1.3.7. Malzeme Deposuna İnşa Malzemesi Doldurmak

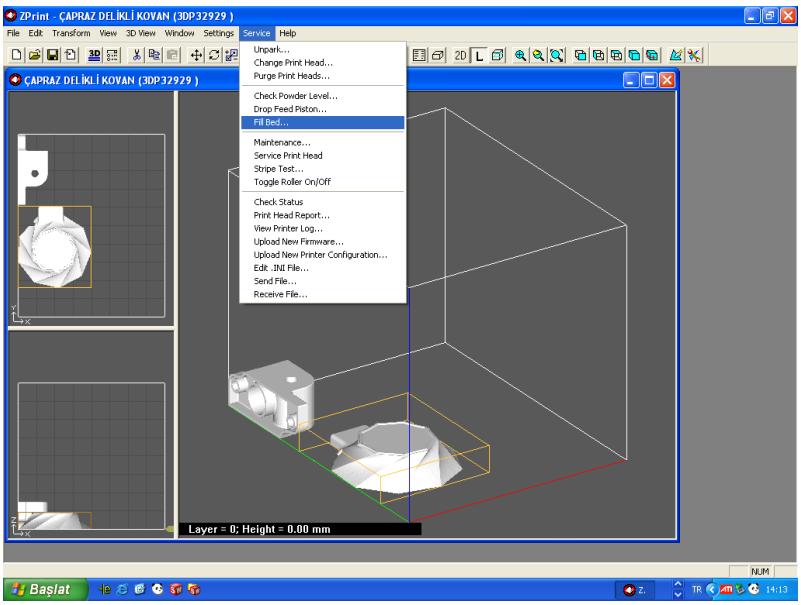
**Resim 1.30: Zp 131 malzemesini doldurmak**

### 1.3.8. İnşa Malzemesini Sıkıştırmak



**Resim 1.31: Toz inşa malzemesini sıkıştırmak**

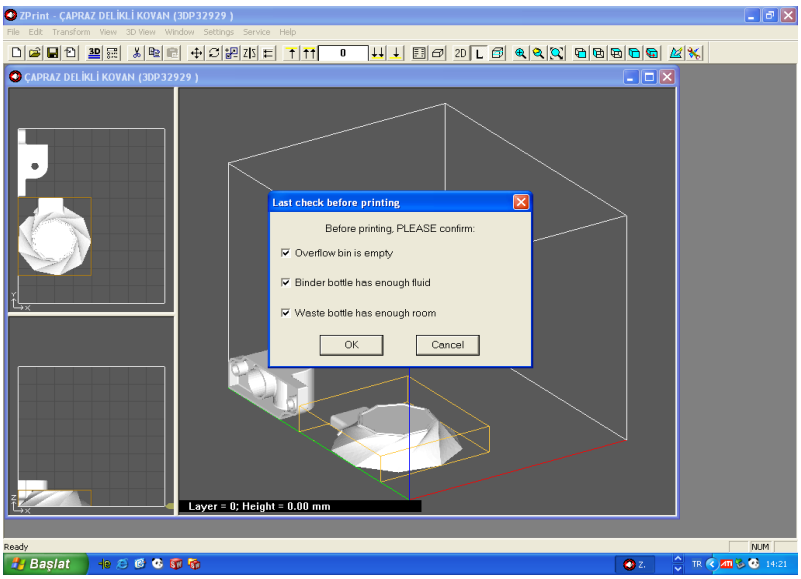
### 1.3.9. Malzemeyi İnşa Tablasına Sermek (Fill –Bed)




**Resim 1.32: Servis menüsü ile tablaya malzeme serimi**

Servis seçeneğini kullanarak "Fill-Bed" menüsü açılır. "Fill-Bed" seçeneği ile tabla üzeri otomatik olarak malzeme deposundan malzeme silindir ile mastarlanarak tabla üzerine serilir.

## 1.3.10. Modelleme İnşa Öncesi Doğrulama Raporu Doldurumu (Confirmation)



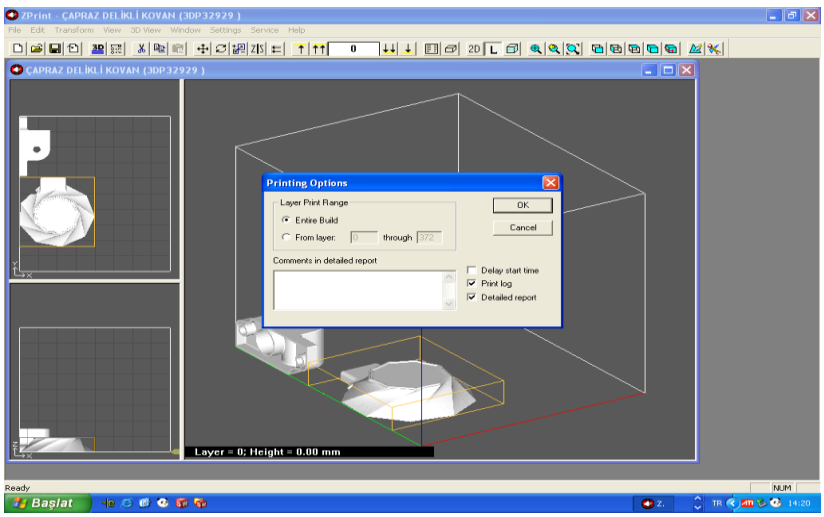

**Resim 1.33: Doğrulama (Confirmasyon)**

- Bu raporda atık deposunun boş olup olmadığı
- İnşa sıvısının yeterli dolulukta olup olmadığı
- Taşma deposunun boş olup olmadığı sorgulanır.

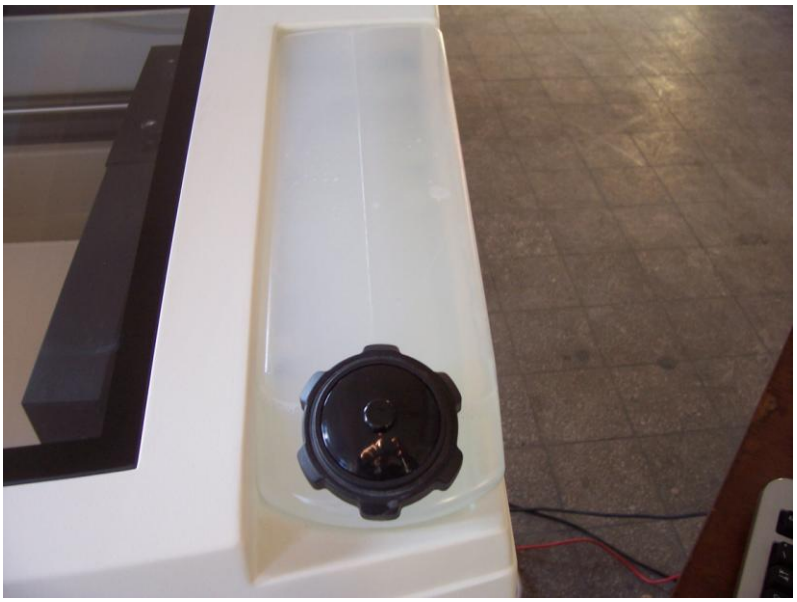
Onayların ardından modelleme inşasına başlanabilir.

## 1.3.11. Malzeme İnşasına Başlamak (Entire Buıld)

Yazma seçenekleri (Printing Options) onaylanarak modelleme inşasına başlanır.



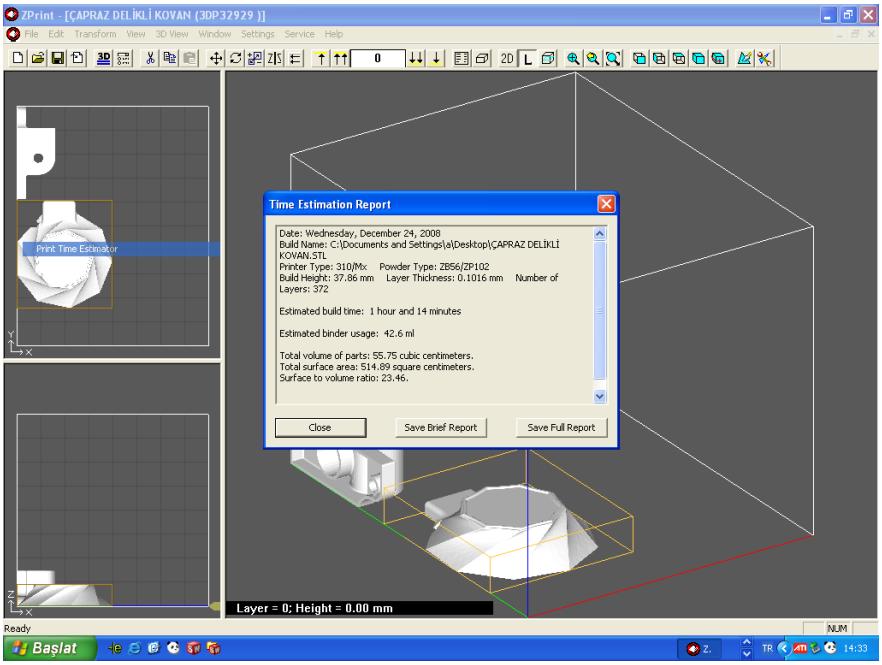

**Resim 1.34: İnşa öncesi inşa sıvısının dolu olup olmadığı kontrolü**



**Resim 1. 35: İnşa sıvısı**

**Resim 1.36: Başlayan modelleme inşası ve üst üste inşa edilen kesitler**

## 1.3.12. Modelleme Zamanı (Print Time Estimator)



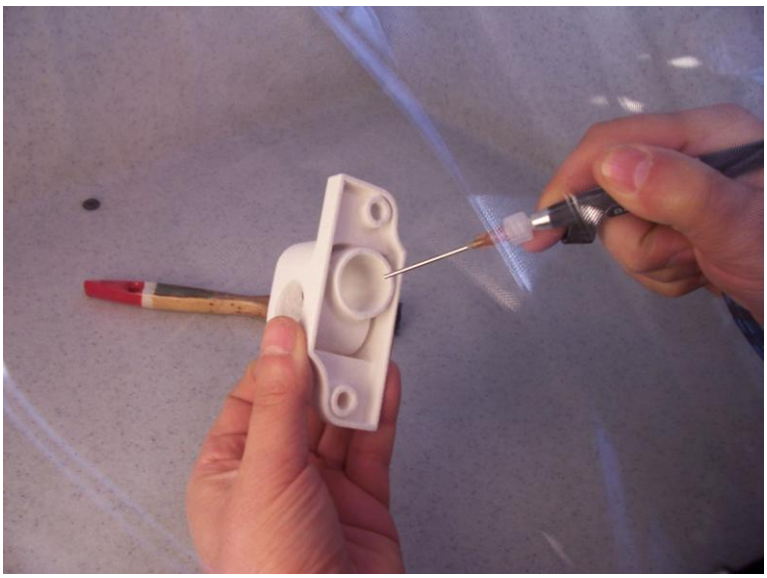

**Resim 1.37: İnşa zamanı**

## 1.3.13. Modellemeleri Çıkarma

Modellemeler, vakum ile çevresindeki tozlar toz deposuna gönderilerek temizlenir. Ortaya çıkan modellemelerin temizlenmesi gerekir.

**Resim 1.38: Fırça ile modellerin çevresinin temizlenmesi**

### 1.3.14. Modellemelerin Temizlenmesi



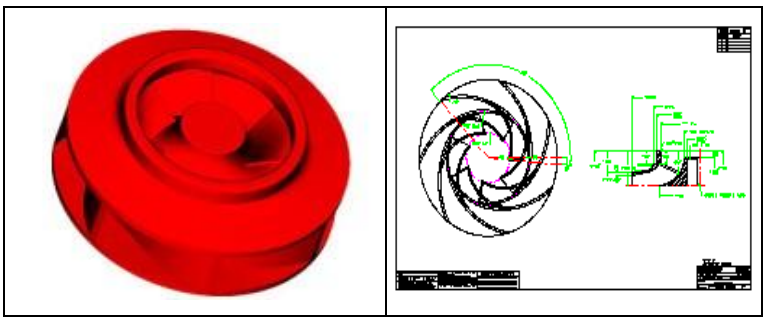
**Resim 1.39: Hava tabancası ile modellemenin temizlenmesi**

**Resim 1.40:Temizleme ünitesi**

Sanayi tersine mühendislik (Reverse Engineering) hızlı prototipleme ve hassas döküm teknolojilerini birleştirerek çok kısa zamanda istenilen hassasiyette makine parçaları üretiyor.

**Resim 1.41: Hasarlı fan**

Lazerli ya da kameralı bir koordinat ölçme cihazı ile bu yıpranmış ve hasar görmüş parçanın bilgisi toplanıp ölçülür. Bir veri bulutu elde edilir.



**Resim 1.42: Optik tarama sonrası CAD verileri olarak tanımlanan datalar**

Sonra bilgisayar yazılımı ile bu veri anlamlandırılır, üzerinde gerekli çalışmalar yapılır ve katı model elde edilir.

Hızlı prototipleme makinesi ile model elde edilir.

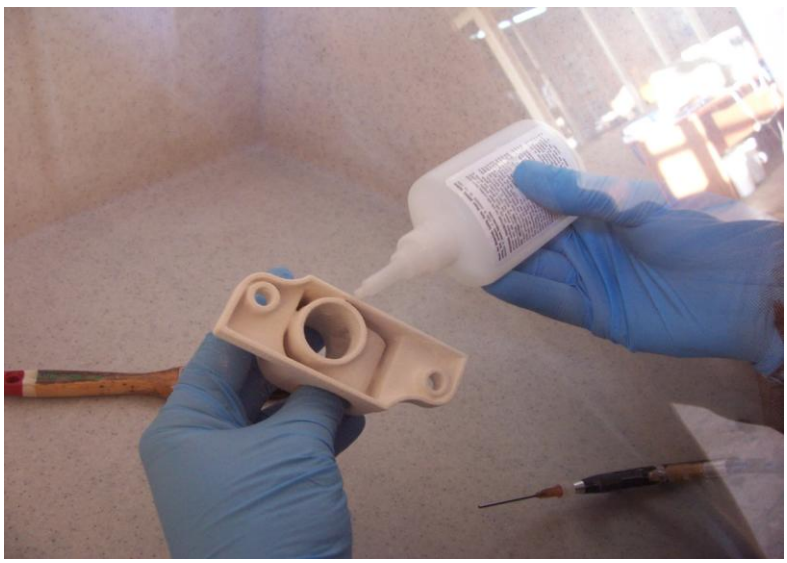
Sonra elde edilen modelden kalıplamaya geçilerek hassas döküm (investment casting) ile gerçek parça imal edilir. Bütün bu süreç yalnızca iki gün sürer ve 500 $'a mal olur.

Aynı işlem geleneksel yöntemler ile (kum döküm vb.) en az 3 hafta sürer ve 5.500 $'a mal olur. Ayrıca fabrika o süre zarfında boş yatabilir.

## 1.4. Kürleştirme

Bu aşamada model, sertleştirme işlemine tabi tutulur. Z corp tezgâhında 60 dakika bekletilir. Model, temizleme işleminden sonra z bond serleştirici ile sertleştirilir.

Bu işlemi modellemeyi z bond sıvısına batırmak suretiyle uygulayabiliriz.



**Resim 1.44: Kürleştirme işlemi**

## 1.5. Yığma Malzemeleri

### 1.5.1. Yığma Malzemelerinin Doldurulması

Her tezgâhın ayrı toz (polimer) veya sıvı (fotopolimer) malzemelerle doldurulması gerekir. Bu malzemeler, tezgâhın özeliğine göre değişir. Yığma malzemeleri, tezgâhın katmanlarda esas olarak inşa ettiği model malzemesidir. Destek malzemeleri ise modelin inşa aşamasında deforme olmamasını temin için modelle birlikte inşa edilir.

**Resim 1.45: Toz polimer inşa malzemesi**

| İşlem | SLA 250 | FDM 1650 | SOLIDER 5600 | SLS 2000 | 3D Z corp | LOM 1015 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Firma** | **3D Systems** | **Stratasys** | **Cubital Ltd.** | **DTM Corp.** | **ZCORP** | **Helisys** |
| Malzemeler | Fotopolimer reçineler | ABS<br><br>Hassas döküm mumu<br><br>Bazı elastomerler | Fotopolimer reçineler<br><br>Mum | Termoplastik<br><br>malzemeler<br><br>(PVC, naylon,<br><br>ABS/SAN) Mum | Toz polimer<br><br>malzemeler | Kâğıt Naylon Polyester |

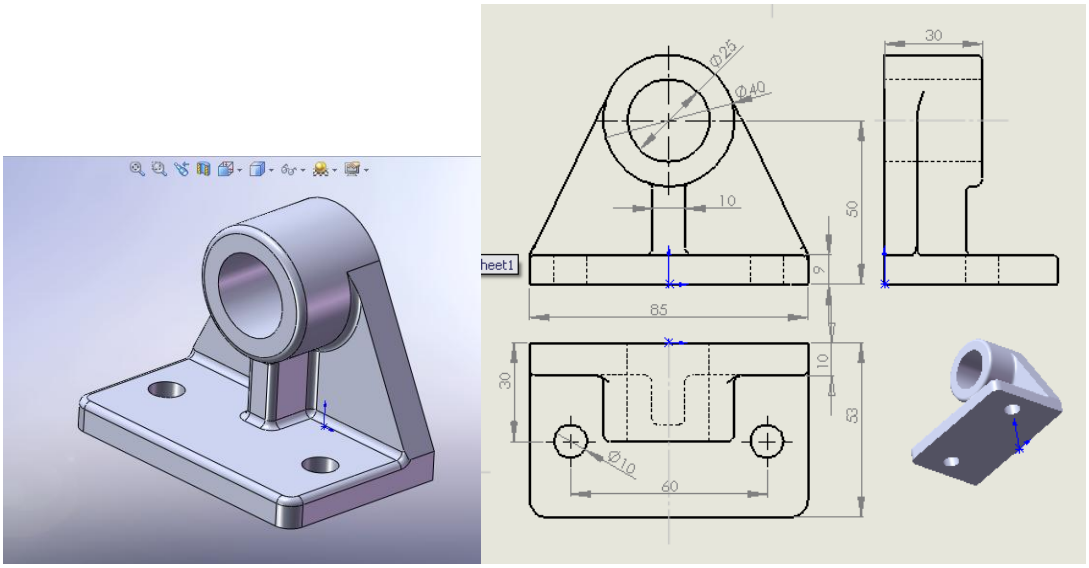
"Stratasys"ın kullandığı malzemeler: "Modeling Materials ABS, Polycarbonate, Polyphenylsulfone"

## 1.6. Destek Malzemeleri

3d Z corp destek malzemesi olarak kendi inşa tozunu kullanır. İnşa tozu, modellemenin çevresini kuşattığı için destek görevi yapar.

"Stratasys ve 3d dimension" suda çözünebilen destek malzemelerini kullanır.

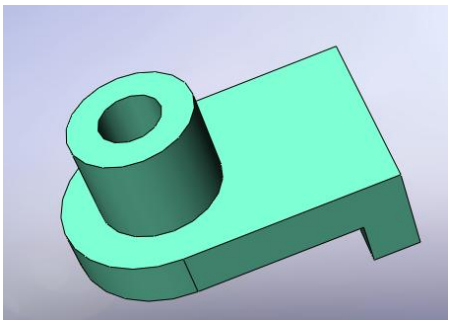
## UYGULAMA FAALİYETİ

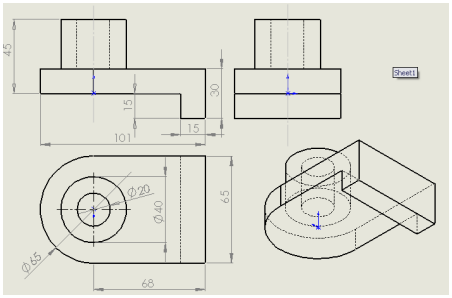
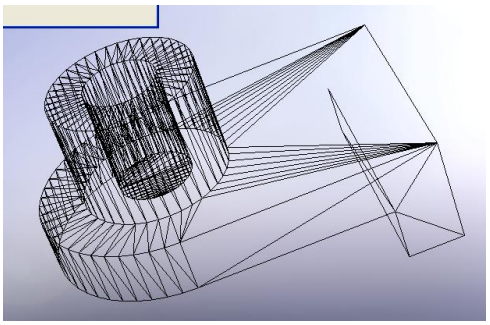


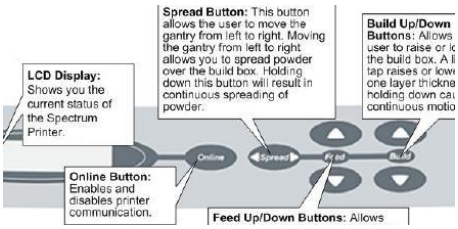
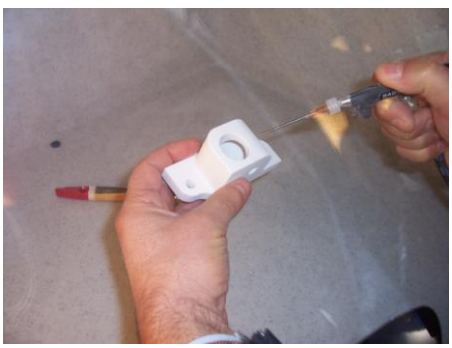

Şekilde görülen yatak parçasının resmini çizerek prototip tezgâhında üretiniz.

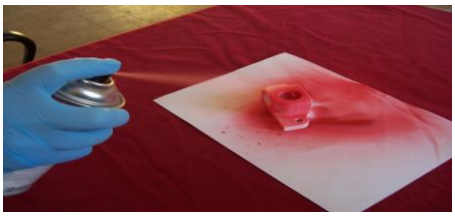
**Kullanılacak Alet ve Avadanlıklar**

1. CAD ve prototip inşa yazılımı yüklü bilgisayar
2. Toz bağlama prototip modelleme tezgâhı
3. Toz polimer malzeme
4. Sıvı bağlayıcı
5. İş önlüğü, gözlük, eldiven
6. Ek temizleme ünitesi
7. Kontrol aletleri

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|---|---|
| ➢ Modeli CAD ortamında tasarlayınız. | ➢ Örnek modelin CAD (Autocad, Solid Works, Catia) ortamında tasarımını yapınız.<br>  |

| | |
|---|---|
| ➢ Modellemenin gerekli görünüşlerini ve perspektifini çıkarınız. |  |
| ➢ STL dosyası olarak kaydediniz. | ➢ Tasarlanan örnek model dosyasının (dwg, cgr, solidpart'tan) STL dosyasına dönüşümünü yapınız.<br>  |
| ➢ Tezgâhı hazırlayınız.<br>➢ İnşa malzemesini toz deposuna doldurunuz. | |
| ➢ İnşa sıvısını deposuna doldurunuz. | |

| | |
|---|---|
| ➢ Tezgâhınızı “on line” konuma getiriniz ve modelinizi inşa ediniz. |  |
| ➢ Vakum ile model çevresindeki tozları temizleyiniz. | |
| ➢ Modelinizin içindeki tozları temizleyiniz. |  |
| ➢ Modelinizi z bond sertleştirci sıvısı ile sertleştiriniz. | |

| | |
|---|---|
| ➢ Modelinizi boya ile renklendiriniz. |  |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|---|---|
| 1. CAD programında parça modellemesini yaptınız mı? | | |
| 2. CAD data dosyanızı STL dosya türüne dönüştürdünüz mü? | | |
| 3. CAD datanızı tezgâh programında açtınız mı? | | |
| 4. Toz fotopolimer malzemenin yüklenip yüklenmediğini kontrol ettiniz mi? | | |
| 5. Sıvı bağlayıcı malzemeyi yüklediniz mi? | | |
| 6. Makinenin tarama ölçeğine uygun model tasarımınızı kontrol ettiniz mi? | | |
| 7. Tezgâhınızda malzemeyi inşa tablasına serdiniz mi? | | |
| 8. Kontrol yönergesini onayladınız mı? (Confirmation) | | |
| 9. Parça prototip modellemesi esnasında scaning (tarama) işleminin hatasız olarak gerçekleştiğini kontrol ettiniz mi? | | |
| 10. Modellemenin yükselmesini kontrol ettiniz mi? | | |
| 11. Modellemenin sonucunda modellemenizi z bond ile sertleştirme işlemine tabi tuttunuz mu? | | |
| 12. Yaptığınız bütün işlemlerde iş güvenliği kurallarına uydunuz mu? | | |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

# ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.**

**1.** Hassas döküm teknolojisinde kalıp alabilmek için ne üretilmesi gerekir?
**A)** Ana model
**B)** Yolluk
**C)** Çıkıcı
**D)** Döküm malzemesi

**2.** Toz bağlama prototip tezgâhı hangi malzemeyi kullanır?
**A)** Nylon
**B)** ABS
**C)** Toz fotopolimer
**D)** Sıvı fotopolimer

**3.** Üretilmiş bir parçadan ana model üretebilmek için hangi teknolojinin kullanılması gerekir?
**A)** CAE (Computer Aided Engineering)
**B)** CAD (Computer Aided Design)
**C)** CAM (Computer Aided Manufacturing)
**D)** Tersine mühendislik (Reverse Engineering)

**4.** Ana model hangi tezgâhlarda üretilir?
**A)** Prototip tezgâhlarında
**B)** CNC tornada
**C)** Üniversal frezede
**D)** Modelci frezesinde

**5.** Hassas döküm için modelleme nedir?
**A)** Prototip üretmektir.
**B)** Üretilen prototipleri kalıplamaktır.
**C)** Silikon kalıp elde etmektir.
**D)** Prototip ana modellemenin silikon kalıba alınarak kalıptan elde edilen boşluğu mum dökülerek mum modeller elde etmektir.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ–2

## AMAÇ

Modellemenizi kalıba alabileceksiniz, mum model elde edebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki işletmelerden bilgi alarak değişik hassas döküm kalıba alma işlemlerini araştırınız.
- İnternet üzerinden gerekli araştırmaları yaparak rapor hâline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıfta sununuz.

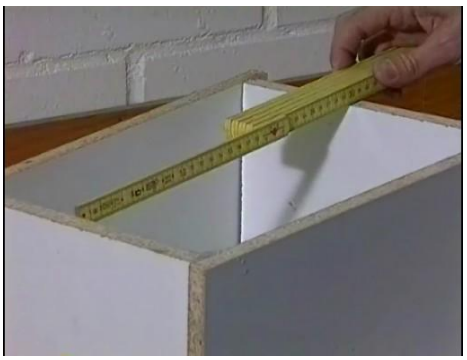
# 2. MODELİ SİLİKON YA DA KAUÇUK KALIBA ALMAK

## 2.1. Kalıp İşlem Hazırlıkları

Modelleme oluşturulduktan sonra modellemenin kalıp içerisine alınıp içine silikon malzemenin dökülmesi gerekir. Bu işlemler için önce bazı hazırlıkların yapılması gerekir.

- Silikon malzemenin dökületeceği ve modelin sığabileceği bir kasa hazırlamak
- Kasanın oturabileceği düzgün bir tabla parçası hazırlamak
- Modeli kasa içerisinde askıda tutabilecek parçaları hazırlamak (Yolluk ve çıkıcılardan faydalanılabilir.)
- Yolluk ve çıkıcı parçaları hazırlamak
- Kalıp hacmini hesaplamak
- Silikon malzemeyi tartarak hazırlamak

## 2.2. Modelleme Kasaları



**Resim 2.1: Modelleme kasası**

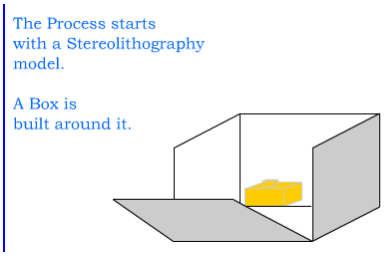
- Modelleme kasaları için genellikle kontraplak veya kalıp içindeki hava kabarcıkları ve modelin konumu görülebildiğinden şeffaf ABS malzeme tercih edilir.
- Kasalar, modelin sığabileceği en ve boyda kesilerek hazırlanır. Kasa hazırlanırken modelin çevresinde yeterli kalıp boşluğu yani silikon et payının kalıp kalmadığı kontrol edilir. Aynı zamanda model kasanın içinde askıya alındığında ise modelin altında ve üstünde yine yeterli silikon et payları kalmalıdır. Kalıptan bir veya birkaç tane mum model elde edilebildiği gibi çok sayıda mum model de elde edilebilir.
- Kasa parçaları genellikle silikon tabancası ile yapıştırılır, plaka ve kasa arasına sızdırmazlık olsun diye yine silikon tabancası ile silikon sıkılır. Bu, silikonun plaka ile kasa arasından sızmasını engeller.

Hassas döküm teknolojilerinde özellikle kuyumculuk sektöründe kalıp olarak kauçuk kullanımının ön plana çıkması ve bu kauçuklarda pişirilerek (vulkanisazyon) elde edilmesinden dolayı pişirme kalıplarına ihtiyaç duyulmuştur.

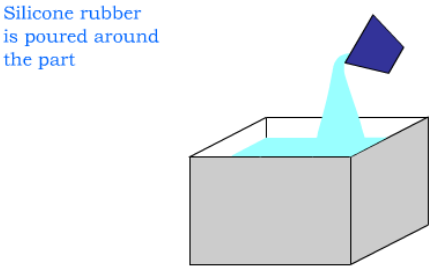
**Resim 2.2: Pişirme kasaları**

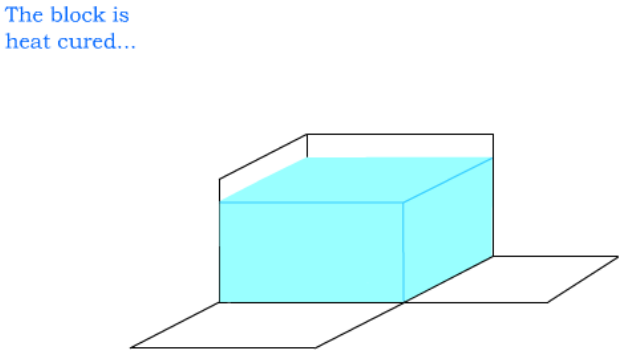
Kauçuğun pişirme kalıplarında pişirilmesi için kauçuk pişirme presine ihtiyaç vardır. Hazırlanan kalıp malzemesi, madenî kapakla kapatılıp aşağıda resmi verilen kauçuk pişirme preslerinde pişirilerek kalıp elde edilir. Pişirme sıcaklıkları 140 ile 160 ºC'de ve kalınlığa bağlı olarak 30 veya 80 dakika aralarında uygulanmalıdır. Pişirme sürelerinde ve derecelerinde üretici firmaların katalog ve tablolarından firmaların önerdiği değerler uygulanmalıdır.

- Model, kasa içine alınır.

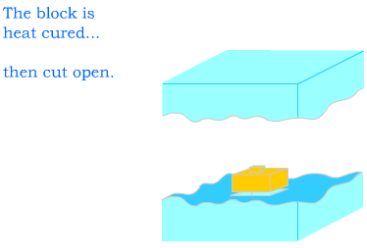



- Model üzerine yolluk sistemi montajı yapılır ve silikon malzeme sertleştirici ile karıştırılarak kalıbın içine dökülür.



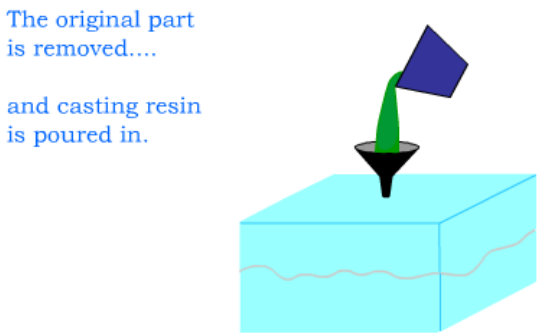




- Kasa, sertleşen silikon kalıp çevresinden sökülerek alınır.
- Serleşen silikon kalıp ayırma yüzeyi çizilir.

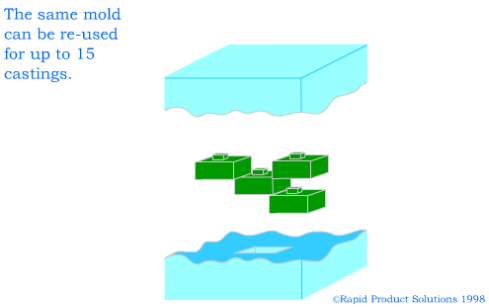



- Kalıp kesilerek model silikon kalıp içinden alınır.

- Model, kalıp içinden alınarak kapatılır. Yolluktan huni ile mum malzeme dökülerek kalıp doldurulur. Artık kalıptan çıkan salkım mum modelleridir.




- Silikon kalıptan istenilen sayıda mum model hassas olarak elde edilir.




Aşağıda silikon kalıp kullanımına dair diğer örnekler bulunmaktadır (Ref., MCP):

**Resim 2.3: Uygulama örnekleri**

## 2.3. Plakalar

Modelleme için yine kontraplak veya şeffaf ABS malzeme tercih edilebilir. Plakalar, kasa ölçülerinden daha büyük hazırlanır. Plakaların deforme olmayacak malzemelerden seçilmesi gerekir.

## 2.4. Yolluk

Kalıp boşluğuna maden veya malzeme götüren kanallara yolluk adı verilir. Malzemenin cinsi ve parçanın şekline göre değişkendir.

Yolluk şu bölümlerden meydana gelir:

- Havşa
- Gidici
- Topuk
- Curufluk
- Meme

Bu bölümlerin tamamına yolluk sistemi denir. Yolluk sisteminin bölümleri dökülecek modelin ağırlığı, derece yüksekliği döküm zamanına bağlı olarak hesaplanarak ölçülendirilir.

Yolluk sistemine ek olarak kalıp boşluğundaki havanın ve oluşacak gazların (vakumlu döküm yapmıyorsak) kalıp boşluğundan dışarı çıkabilmesi için çıkıcı adı verilen kanallara ihtiyaç vardır. Bu kanallar, parçanın ve kalıbın şekline göre özellikler arz eden yapılarda seçilir.

Hassas dökümde salkım oluşturmada kullanılan havşaya bağlı kalın kütleye ana yolluk denir. Ana yolluk, sıvı metal için bir depo ve geçiş yolu olarak düşünülmüştür.

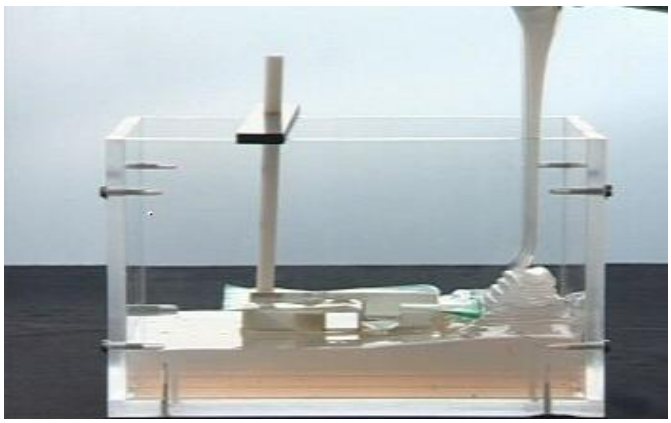
Genellikle ana yolluk, dökülecek metalin cinsine ve modelin sekline göre ölçülendirilir.

**Resim 2.4: Yolluğun ana modellemeye vidalanması**

Yolluk, mum modelin sağlıklı elde edilmesinde önemli etkenlerden biridir. Yolluğu ana modellemenin genellikle orta kısmında ve et kalınlığı en kalın olan bir yerinden vermek büyük önem arz etmektedir. Böylece mumun model boşluğunun en uç noktalarına ulaşmasını sağlanmış, çöküntü ve çekme de önlenmiş olur.

**Resim 2.5: Ana modellemenin kasa içinde boşlukta kalabilmesi için aparat takılması**

Modelin kasa içerisinde boşlukta kalması ve etrafına silikonun sağlıklı biçimde sarabilmesi için tel ile boşlukta durması sağlanır. Modelin boşlukta kalabilmesi için kullanılacak malzeme, atölye şartları ve modelin yapıldığı malzemeye göre farklılıklar gösterebilir. Önemli olan bu malzeme aynı zamanda kalıpta çıkıcı görevi yapacak kanaları oluşturacaktır.



**Resim 2.6: Hazır ABS kasalar**

## 2.5. Kalıp Silikonları

### 2.5.1. Malzeme Teknolojisi

Silikon kalıplamanın hızlı prototip imalat sektöründe yaygın olarak kullanılmasının ardında oto inşa teknolojileriyle daha hızlı ve kolay master model imalatının etkisine ek olarak 1990'lı yıllarda önemli gelişmeler kaydedilen iki temel malzeme teknolojisi vardır:

### 2.5.2. Kalıp Malzemesi (RTV silikon)

Sıvı hâlden katı lastik hâline kısa sürede ve büzülme-şişmeye uğramadan geçebilen şeffaf silikon malzemeler. RTV (Room Temperature Vulcanizing - Oda Sıcaklığında Vulkanize Olan) silikonlar istenirse çabuk kür olması için daha sıcak bir ortamda bekletilebilir. Çift kompenantlı RTV silikon malzemeler kalıba döküldüğünde yüksek akışkanlıkları sayesinde master model üzerine yüksek basınç uygulamadan modeli çevreleyerek parmak izi gibi en küçük detayların ve yüzey desenlerin kalıplanabilmesini sağlar.

RTV silikon malzemelerden evvel sadece yüksek sıcaklıkta vulkanize olabilen kauçuk/silikon malzemeler kullanılıyordu. Bu uygulamalarda mat renkli ve macun kıvamında ham kauçuk master model etrafına konulup basınç ve yaklaşık 200 °C sıcaklık altında bir süre bekletilerek moleküller arası çapraz bağlama ile vulkanize olması sağlanır. Bunun dezavantajı, modelin basınç ve sıcaklığa dayanabilecek bir mukavemette olası gerekliliğidir. Bir dezavantajı da şeffaf olmadığı için kesim sırasında kalıp ayırma noktalarının tespitinin güç olmasıdır. Bunu yanında kauçuk kalıplar, iki önemli avantaja sahip olmaları nedeniyle hâlâ uygulama alanlı bulabilmektedir. Bunlardan biri kauçuk

malzemenin RTV silikona kıyasla düşük maliyeti, diğeri de vulkanize kauçuk kalıpların daha esnek, mukavemetli ve sıcaklığa dayanımı sayesinde daha uzun ömürlü olmasıdır.

Yüksek sıcaklıkta vulkanize olan kauçuk kalıplar, bu avantajları nedeniyle özellikle kuyumculuk ve merkezkaç metal döküm uygulamalarında başarıyla kullanılmaktadır.

**Resim 2.7: Kauçuk kalıp ürünleri**

Bu tür kauçuk kalıpların kullanıldığı merkezkaç dökümde zamak (Al ve çinko alaşımı) gibi düşük ergime sıcaklıklı metallerden kemer tokası, anahtarlık, çanta aksesuarları, hediyelik eşya vb. sektörlere yönelik karmaşık geometrili parçalar hızlı ve kolay bir şekilde üretilmektedir. Ayrıca bu teknik, seri imalatı pres metal döküm ile yapılacak parçaların prototiplerini üretmekte de kullanılır.

### 2.5.3. Prototip Malzemesi (Epoksi, Poliüretan)

Sıvı hâlde bulunan iki kimyasal birbiriye karıştırılarak kısa sürede oluşan bir kimyasal reaksiyonla katı hâle (seri imalatta kullanılan birçok termo plastiğin mekanik özelliklerine benzer bir yapıya) dönüşebilir. Bu maddelerle şeffaf ve elastik parça da üretilebilir.

### 2.5.4. Mücevher İmalatında Silikon Kalıp Kullanımı

**Resim 2.8: Yüzük imalatında kullanılan çok parçalı karmaşık bir silikon kalıp**

Kuyumculuk sektöründe ise çok daha karmaşık silikon kalıplar, seri imalatta hassas metal (altın veya gümüş) döküm için mum model üretiminde yaygın ve etkili bir şekilde kullanılır. Yukarıda bir yüzük imalatında kullanılan çok parçalı karmaşık bir silikon kalıp görülmektedir. Yüksek esnekliği, dayanımı, uzun ömrü ve düşük maliyeti sayesinde yüksek sıcaklıkta vulkanize olan kauçuk kalıplar da kuyumculuk sektöründe tercih edilmektedir. Bu durumda master yüzük modelinin basınç ve sıcaklığa dayanımlı olması gerekir. Aynı zamanda kauçuk şeffaf olmadığı için master modelin ayırma noktalarını keserek çıkartmak daha güçtür.

## 2.6. Silikon Kompenantları

| » RTV-1 Ortam Sıcaklığında Vulkanize Olabilen Tek Kompenantlı SİLİKON KAUÇUKLAR | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sertlik(*) | Kullanım Amacı | | | |
| Ürün Adı | Özellikleri | Shore A | Yalıtım | Conta & Yapıştırma | Dolgu & Kaplama | Notlar |
| RTV 106 | Asetoxy, kırmızı, paste kıvamında | 30 | * | * | - | Yüksek ısılara dayanıklı |
| RTV 108 | Asetoxy, şeffaf, paste kıvamında | 30 | * | * | | FDA uygun, genel kullanım amaçlı |
| RTV 112 | Asetoxy, beyaz | 25 | * | * | * | Contalama ve koruyucu kaplama silikonu |
| RTV 116 | Asetoxy, kırmızı | 20 | * | * | * | FDA uygun, yüksek ısıya dayanıklı |
| RTV 118 | Asetoxy, şeffaf | 25 | * | * | * | FDA uygun, kaplama ve dolgu amaçlı kullanılabilir |
| RTV 133 | Alkoxy, siyah, paste kıvamlı | 45 | * | * | - | Yavaş kürlenen, elektronikte kullanılan silikon |

| » RTV-2 AC Isıtma ile Çok Çabuk Vulkanize Olabilen İki Kompenantlı SİLİKON KAUÇUKLAR | | | |
|---|---|---|---|
| RTV-2 | Sertlik(*) | | |
| **Addition Curing** | **Shore A** | **Kullanım Yeri** | **Avantajları** |
| RTV 1664 | 62 | Suni deri frekans baskı kalıbı, gıda kalıbı, silindir kaplama için | Poliüretan ve epoksiye tam dayanıklı, FDA onaylı |
| RTV 1830 | 30 | Ortopedik malzeme yapımı, kumaş kaplama | Dermatolojik |
| RTV 5005 | 3 | Ortopedik malzeme yapımı | |
| RTV 8335 | 30 | Tampon yapımı | Çok dayanıklı, tampon mürekkebine dayanıklı |
| SILASTIC T-4 | 41 | Prototip kalıbı, kuyumculukta model çıkartma | Çok hassas ve küçük malzemelerin kalıbını tam olarak çıkarmaya uygun |
| TSE3466 | 60 | - | - |
| » RTV-2 CC Ortam Sıcaklığında Vulkanize Olan İki Kompenantlı SİLİKON KAUÇUKLAR | | | |
| RTV-2 | Sertlik(*) | | |
| **Condensation Curing** | **Shore A** | **Kullanım Yeri** | **Avantajları** |
| RTV 705 | 5 | Kalıp alma silikon kauçukları: Poliester, poliüretan, alçı, epoksi vb. dökümler için kullanılır. | Kolay kullanım, kalıp ayırıcı gerektirmez, çok girintili ve hassas yüzeylerde bile çok sayıda döküm alınabilir. |
| | | | |
| RTV 710 | 12 | | |
| RTV 720 | 20 | | |
| RTV 730 | 30 | | |
| RTV 8051 | 54 | Zamak döküm, conta ve izolasyon için | Yüksek ısıya dayanıklı |
| RTV 7820V | 20 | Dikey kalıpalma ve model çıkartma için | Fırça veya püskürtmeye uygun |
| RTV 700 S | 8 | Dikey ve ince kalıplama için | Fırça veya püskürtmeye uygun |
| RTV 7812 | 9 | | |

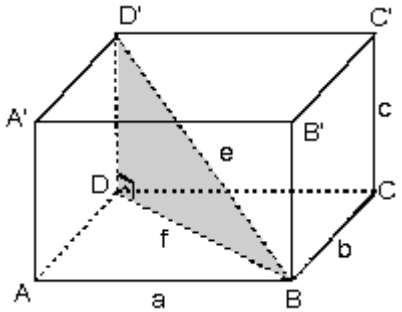
**Tablo 2.1: Vulkanize olmuş kauçuğun 7 gün sonra oda sıcaklığında ölçülmüş sertlikleri**

## 2.7. Hacim Hesapları

- Dikdörtgenler prizması

Dikdörtgenler prizması yan yüzeyleri karşılıklı ikişer eş olan altı adet dikdörtgenden oluşan prizmadır.

Hacim = a.b.c  Alan = 2 (ab + bc + ac)




V = Hacim  A = Alan  a = Boy  b = En  c = Yükseklik

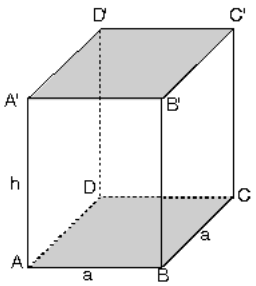
**ÖRNEK:** Bir dikdörtgen prizmanın eni 50 mm, boyu 100 mm ve yüksekliği 40 mm olduğuna göre hacmini bulunuz?

Çözüm: a=100 mm  V= a x b x c
b= 50 mm  V= 100 x 50 x 40
c= 40 mm  V= 200.000 mm²
V= ?

- Kare prizma

Tabanı kare olan prizmalara kare prizma denir.

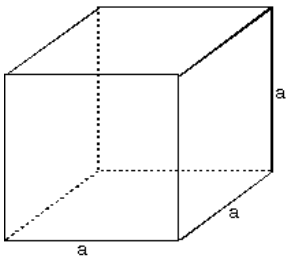
Hacim = a2 . h



➢ Küp

Bütün ayrıtları birbirine eşit olan dik prizmaya küp denir.

Hacim = a3 Alan = 6a2

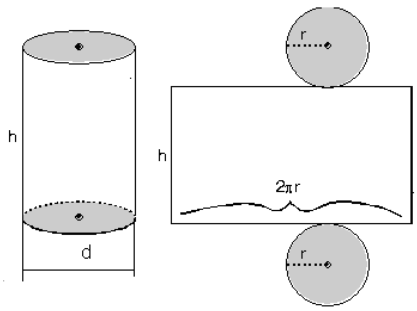



➢ Silindir

Tabanı daire olan prizmalara silindir denir.

Taban alanı= π r2

Hacim= π . r2




d = Silindir çapı

h = Silindir yüksekliği

Örnek: Çapı 30 mm olan bir silindirin yüksekliği 50 mm'dir. Silindirin hacmini bulunuz.

Çözüm: d = 30 mm r = 15 mm $V = \pi . r^2 . h$

h = 50 mm $V = 3.14 . 15^2 . 50$

$V = 3.14 . 225 . 50$

$V = 35\ 325\ mm^3$ tür.

### 2.7.1. Döküm İçin Gerekli Metal Miktarının Tespit Yöntemleri

- **Terazi yöntemi:** Salkım oluşturma bittiğinde mum salkımı tartılarak ağırlığı bulunur. Bu ağırlık ile döküm malzemenin özgül ağırlığı, oransal farkı çarpımı yapılarak bulunabilir.
- **Su taşırma yöntemi:** Su dolu bir kaba salkım batırılarak su taşması sağlanır. Taşan suyun yerine dökülecek malzeme parçacıkları kaba atılır. Su seviyesi ilk hâline gelince malzeme parçacıkları tartılarak dökümün yaklaşık ağırlığı bulunabilir.

## 2.8. Oran-Orantı Hesapları

- İki çokluğun bölümüne oran denir. a/b biçiminde gösterilir. İki veya daha fazla oranın eşitliğine de orantı denir. a/b=c/d veya a:c=b:d
- a: I. Terim
  b: II. Terim
  c: III. Terim
  d: IV. Terim

Bu orantıda d'ye dördüncü orantılı denir.

- 3.b ve c'ye içler, a ve d'ye dışlar denir.
- a.d = b.c (İçler ile dışlar çarpımı eşittir.)
- İçler yer değiştirebilir.
- Dışlar yer değiştirebilir.
- Oranlar ters çevrilebilir.
- (e ¹ 0, f ¹ 0) (Oranlar sadeleştirilebilir.)
- (e ¹ 0, f ¹ 0) (Oranlar genişletilebilir.)
- Orantısı için (k orantı sabitidir.)

- **Orantı çeşitleri**

  - **Doğru orantı:** İki çokluktan biri artarken diğeri de aynı oranda artıyor, biri azalırken diğeri de aynı oranda azalıyorsa bu tür çokluklara doğru orantılı çokluklar denir. Doğru orantı kısaca D.O. ile gösterilir. x ile y doğru orantılı ve k pozitif bir doğru orantı sabiti olmak üzere "y = k.x" ifadesine doğru orantının denklemi denir.
  - **Ters orantı:** İki çokluktan biri artarken diğeri aynı oranda azalıyorsa ya da biri azalırken diğeri aynı oranda artıyorsa bu tür çokluklara ters orantılı çokluklar denir. Ters orantı kısaca T.O. ile gösterilir. x ile y ters orantılı ve k pozitif bir ters orantı sabiti olmak üzere "x .y = k" ifadesine ters orantının denklemi denir.

**Örnek1:**
Boş bir havuzu 4 musluk 9 saatte doldurduğuna göre 12 musluk kaç saatte doldurur?

**Cevap:**
4 musluk 9 saatte doluyorsa
12 musluk X saatte doldurur.
---
X= 4x9/12
X= 3 saatte doldurur.

- **Bileşik orantı**: İkiden fazla oranın eşitliğine bileşik orantı denir.
    - Aynı cins çokluklar alt alta gelecek şekilde oranlar yazılır.
    - Bileşik orantıda bilinen oranlardan birinin üstü parmakla kapatılır. Kapatılan oranın terimleri birer birimmiş gibi düşünülür. Diğer iki oranın birbirleriyle doğru orantı mı, yoksa ters orantı mı olduğu saptanır. Belirlenen orantı çeşidine göre birbirleriyle çarpılacak terimler okla belirtilir.
    - Bu kez bilinen diğer oranın terimleri kapatılarak 2. şıkta açıklandığı gibi orantı çeşidi saptanır ve çarpılacak terimler belirtilir.
    - Gerekli işlemler yapılır ve çözüm tamamlanır.

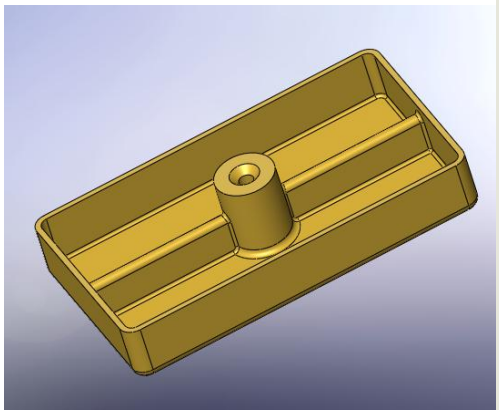
**Örnek 2:**
8 işçi 5 saat çalışarak 640 m kumaş dokuyorsa aynı nitelikteki 10 işçi günde 3 saat çalışarak kaç m kumaş dokur?

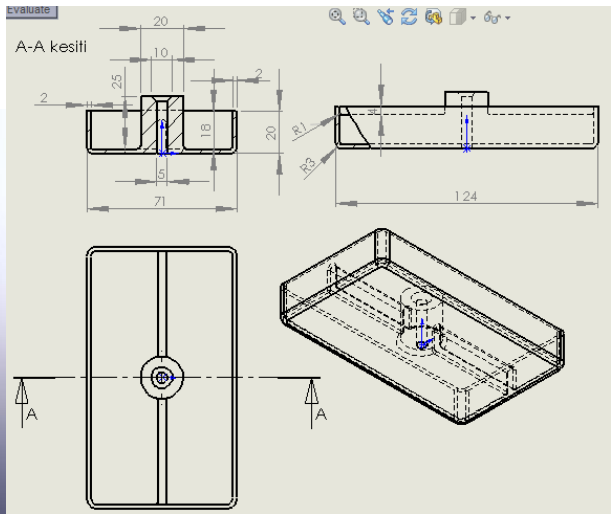
**Cevap:**

8 işçi 5 saat 640 m
10 işçi 3 saat X
8.5x=10.3.640

# UYGULAMA FAALİYETİ

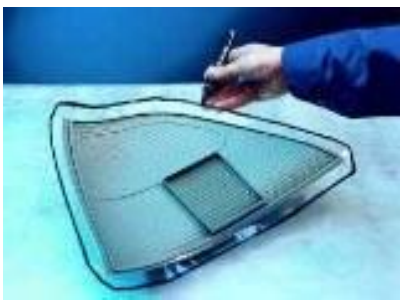
Aşağıda parça ve teknik resmi verilen tabla parçasının prototip modellemesini yapınız.

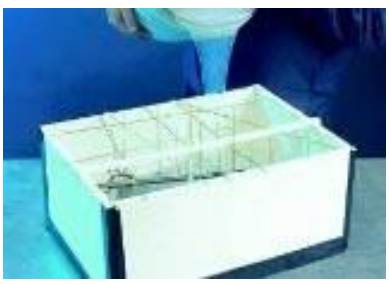


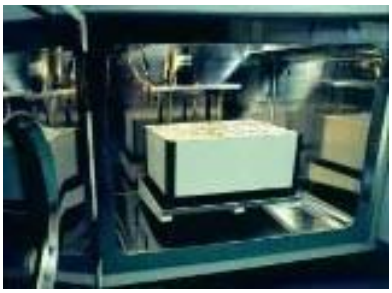


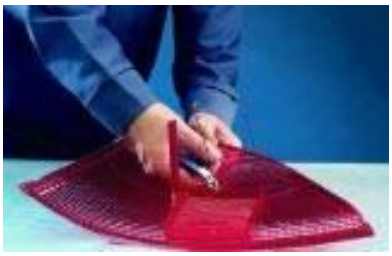
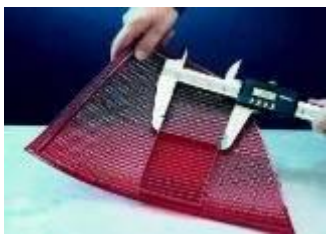

**Kullanılacak Alet ve Avadanlıklar**

1. Ağaç veya ABS plaka ve kalıp parçaları
2. Silikon malzeme ve kompenantları
3. Silikon tabancası, maket bıçak uçları, renkli şeffaf bant, tartı
4. Vakum hava ünitesi
5. İş önlüğü, eldiven koruyucu gözlük

| İşlem Basamakları | Öneriler |
|---|---|
| ➢ Çoğaltılması istenen bir far kapağı modelini silikon kalıplama hazırlığı için öncelikle temizleyiniz, gerekirse belli kalıp ayırıcı sıvılarla kaplayınız. |  |

| | |
|---|---|
| ➢ Modelin kalıp ayırma kenarlarına şeffaf bant yapıştırınız. Bandı kolay görülebilmesi için keçeli bir kalemle boyayınız. | |
| ➢ Modeli kaba tellerle askıya alarak yerleştiriniz.<br>➢ Yolluğu, çıkıcı ve hava kanallarını bu safhada düşünerek modele ekleyiniz. | |
| ➢ Kalıbın hacim hesabını yapınız. CAD programında elde edilen model hacmini çıkararak silikon malzeme miktarını hesaplayıp tartınız. | |
| ➢ Çift kompenantlı RTV silikon malzemeyi modelin etrafına dökünüz. |  |

| | |
|---|---|
| ➢ Vakum altında tutulan bir fırında hava kabarcıklarını alıp fırını biraz ısıtınız, silikonun daha hızlı bir şekilde vulkanize (kür) olarak sertleşmesini sağlayınız. |  |
| ➢ Sertleşen silikonu falçata ile kesiniz (Bu esnada 2. safhada yerleştirilen kenarı boyalı bant kolaylık sağlar.). | |
| ➢ Silikon kalıbı ayırarak master modeli çıkarınız. | |
| ➢ Kalıbı döküm için yeniden kapatınız (Hem ayırma kolaylığı hem de silikonun ömrünü uzatmak için bazı kalıp ayırıcıları silikon iç yüzeyine tatbik edilebilirsiniz.). Bant kullanarak parçaları birbirine sıkıca bağlayınız. | |
| ➢ Model hacmi kadar mum malzeme eriterek silikon kalıp içerisine döküp hassas döküm için modeli elde ediniz. Modeli kalıptan çıkararak bu işlemi yeterli model sayısı kadar tekrarlayınız. | |

| | |
|---|---|
| ➢ Silikon kalıbı ayırarak modeli içinden çıkarınız. | |
| ➢ Malzeme giriş ve hava çıkış kanallarında biriken sertleşmiş malzemeyi keserek parçayı temizleyiniz. |  |
| ➢ Üretim sonrası hassasiyet ve tolerans için parçanın ölçme ve kontrol işlemlerini yapınız. |  |

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

| Değerlendirme Ölçütleri | Evet | Hayır |
|---|---|---|
| **1.** Prototip tezgâhından elde ettiğiniz modellemeyi yüzey temizleme işlemlerine tabi tuttunuz mu? | | |
| **2.** Modellemenizin mala yüzeyini (ayrılma yüzeyini) tayin edip bantladınız mı? | | |
| **3.** Modellemenize yolluk ve çıkıcılarını monte ettiniz mi? | | |
| **4.** Modellemenize ayırıcı sıvı sürdünüz mü? | | |
| **5.** Plakanızı ve kalıp duvar parçalarını hazırlayıp silikon tabancası ile yapıştırdınız mı? | | |
| **6.** Modellemenizi askıya alacak şekilde kalıbın içine tellerle ve kalıbın üstüdeki kızakla tespit ettiniz mi? | | |
| **7.** Kalıbın hacim hesabını yapıp silikon malzemenizi tarttınız mı? | | |
| **8.** Silikon malzemenizi uygun oranlarda kompenant malzemeleriyle karıştırıp hazırladınız mı? | | |
| **9.** Silikon malzemenizi kalıbı dolduracak ve hava kabarcığı oluşmayacak şekilde doldurdunuz mu? | | |
| **10.** Silikon malzemenin sertleşmesinden sonra kalıbı söküp silikon bloğun mala yüzeyini çizdiniz mi? | | |
| **11.** Silikon bloğun mala yüzeyini maket bıçağı ile keserek ayırdınız mı? | | |
| **12.** Bloğun içinden prototip modellemenizi çıkardınız mı? | | |
| **13.** Kalıbı kapatıp bantladınız mı? | | |
| **14.** Kalıba uygun mum malzemeyi eriterek döktünüz mü? | | |

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

# ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere getirilecek bilgilerin bulunduğu seçeneği işaretleyiniz.

**1.** Hassas döküm için önce……
- **A)** Kasa monte edilir.
- **B)** Silikon malzeme hazırlanır.
- **C)** Mum malzeme hazırlanır.
- **D)** Vakum ünitesi hazırlanır.

**2.** Prototip modelleme kasa içerisine ……
- **A)** Konulur.
- **B)** Yolluk ve çıkıcıları ile askıya alınır.
- **C)** Kasa üzerine konulur.
- **D)** Altına konulur.

**3.** Hazırlanan kasa içerisine……..
- **A)** Üretim parça malzemesi dökülür.
- **B)** Mum dökülür.
- **C)** Silikon malzeme dökülür.
- **D)** Epoksi reçine dökülür.

**4.** Kasanın sökülmesi ile kalıp önce…….
- **A)** Mala yüzeyinden kesilerek ayrılır.
- **B)** Isıtılır.
- **C)** Üst yüzey işlemine tabi tutulur.
- **D)** Boyanır.

**5.** Silikon kalıp boşluğuna……
- **A)** Üretim parça malzemesi dökülür.
- **B)** Seramik dökülür.
- **C)** Mum malzeme dökülür.
- **D)** Epoksi reçine malzemesi dökülür.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere getirilecek bilgilerin bulunduğu seçeneği işaretleyiniz.

**1.** Hassas döküm modelleme için önce……

**A)** Kasa monte edilir.
**B)** Parçanın cad programında katı (solid) çizimi yapılır.
**C)** Mum malzeme hazırlanır.
**D)** Vakum ünitesi hazırlanır.

**2.** Prototip modelleme …….

**A)** Vakum ünitesinde yapılır.
**B)** Kasa içerisinde yapılır.
**C)** CNC tezgâhında yapılır.
**D)** 3d üç boyut oto inşa prototip tezgâhlarında yapılır.

**3.** Hazırlanan kasa içerisine ……..

**A)** Üretim parça malzemesi dökülür.
**B)** Mum dökülür.
**C)** Silikon malzeme dökülür.
**D)** Epoksi reçine dökülür.

**4.** Mala yüzeyinden kesilip ayrılan kalıp……..

**A)** Mala yüzeyi çizilir.
**B)** İçinden model alınarak tekrar kapatılır.
**C)** Üst yüzey işlemine tabi tutulur.
**D)** Boyanır.

**5.** Silikon kalıp boşluğuna ……..

**A)** Üretim parça malzemesi dökülür.
**B)** Seramik dökülür.
**C)** Mum malzeme dökülür.
**D)** Epoksi reçine malzemesi dökülür.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

| | |
|---|---|
| **1.** | **A** |
| **2.** | **C** |
| **3.** | **D** |
| **4.** | **A** |
| **5.** | **D** |

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

| | |
|---|---|
| **1.** | **A** |
| **2.** | **B** |
| **3.** | **C** |
| **4.** | **A** |
| **5.** | **B** |

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

| | |
|---|---|
| **1.** | **B** |
| **2.** | **D** |
| **3.** | **C** |
| **4.** | **B** |
| **5.** | **C** |

# KAYNAKÇA


- EKMEKÇİ Nurettin, **Makine Model Meslek Resmi**, MEB Devlet Kitapları, SHÇEK Basımevi, Ankara, 2001.

- İRKİN Ziya Orhan, Ziya FİLİZER, **Genel Makine Modelciliği**, İstanbul